

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO NAS RESIDÊNCIAS UBERABENSES

ANALYSIS OF ECONOMIC VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEM IN THE RESIDENCES OF UBERABA

Flávia de Castro Camioto* E-mail: flaviacamioto@yahoo.com.br
Vanessa Peres Rezende Garcia Gomes* E-mail: vanessaperesrgg@gmail.com
*Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG

Resumo: A energia elétrica no Brasil tem tido uma crescente demanda, fazendo com que ocorra questionamentos a respeito das fontes geradoras e seus impactos na sociedade e no meio ambiente. Assim, cada vez mais se fala na necessidade de utilizar fontes renováveis para gerar energia. A energia solar é uma energia limpa e apresenta um enorme potencial, porém, no Brasil, nem sempre o seu uso é economicamente viável em comparação com outras fontes energéticas, como as hidrelétricas. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em residências na cidade de Uberaba - MG. Para atingir o objetivo proposto, foi utilizado o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), além da Simulação de Monte Carlo para o cálculo do risco da implementação desse sistema em cada bandeira tarifária vigente. Os resultados indicam que é viável investir em energia fotovoltaica em residências de Uberaba - MG quando a bandeira tarifária estiver amarela ou vermelha, sendo que na vigência da bandeira verde o risco desta implantação ser inviável é maior que 90%. Esses resultados consideraram a atual situação econômica brasileira, com a Taxa Mínima de Atratividade igual a 9,15%, próxima à taxa Selic.

Palavras Chaves: Energia Solar. Sistema Fotovoltaico. Viabilidade Econômica. Residências. Risco.

Abstract: Electric energy in Brazil has been increasing in demand, causing questions to be raised about generating sources and their impacts on society and on the environment. Solar energy is a clean energy and presents great potential, but in Brazil, its use is not always economically viable compared to other energy sources, such as hydroelectric plants. The objective of this work is to analyze the economic viability of the implantation of a photovoltaic system in residences in the city of Uberaba-MG. In order to reach the proposed objective, the net present value (NPV) and the internal rate of return (TIR) were used, in addition to the Monte Carlo simulation to calculate the risk of implementing this system in each tariff flag. The results indicate that it is feasible to invest in photovoltaic energy in Uberaba-MG residences only when the tariff flag is red or yellow, and that in the presence of green flags the risk of this implantation be unviable is greater than 90%. These results considered the current Brazilian economic situation, with the Minimum Attractiveness Rate equal to 9.15%, close to Selic rate.

Keywords: Solar Energy. Photovoltaic System. Economic Viability. Residences. Risk.

1 INTRODUÇÃO

Anualmente, cresce a necessidade de energia para sustentar o desenvolvimento dos países e suas respectivas atividades industriais.

Paralelamente, aumenta a concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera, intensificando o efeito estufa natural e o aquecimento decorrente deste. Deste modo, as implicações ambientais da produção e do uso dos recursos energéticos têm-se apresentado como um grande desafio, uma vez que a produção, distribuição, transformação e consumo de energia devem ser orientados de modo a garantir o desenvolvimento, sem ampliar os efeitos negativos à sociedade e ao meio ambiente (CAMIOTO, 2014).

Segundo Câmara (2011), a utilização de tecnologias “limpas” e renováveis apresenta-se como uma solução para enfrentar o caráter danoso e limitado das atuais fontes primárias de energia. As fontes de energia renováveis são fontes naturais capazes de se regenerar e, portanto, virtualmente inesgotáveis, ao contrário dos recursos não renováveis. Além disso, as energias renováveis são encaradas como decisivas no combate ao efeito estufa e na redução da dependência de fontes energéticas externas (ECOTURISMO, 2009).

Voltando-se para o lado da economia, a energia renovável pode empregar e auxiliar a população. De acordo com o relatório “*Renewable Energy and Jobs*” da *International Renewable Energy Agency* (IRENA) estima-se que as energias renováveis empregaram cerca de 7,7 milhões de pessoas, direta ou indiretamente, em torno do mundo em 2014, não considerando as grandes hidrelétricas (IRENA, 2015).

Swift-Hook (2012) destaca que ventos e sol são entregues gratuitamente em todos os lugares. Os países não precisam lutar para protegê-los se suas reservas forem ameaçadas ou se os dutos forem desligados. Assim, as fontes renováveis de energia podem evitar, inclusive, guerras mundiais. Esse autor defende que poupar combustíveis importados é a verdadeira razão para o interesse atual em energia renovável. Ter sua própria energia pode, além de evitar disputas internacionais, garantir, a cada país, segurança no abastecimento, por meio da diminuição da dependência de combustível importado; além de um melhor equilíbrio no comércio.

Das diversas energias renováveis, uma das mais abundantes é a energia solar. De acordo com CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito/CEPEL-Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, o sol fornece

anualmente para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, correspondendo a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período (CRESESB, 2014).

Câmara (2011) afirma que o aproveitamento dessa fonte energética, que é inesgotável na escala terrestre de tempo tanto como fonte de calor quanto de luz, apresenta-se hoje como uma das alternativas energéticas mais promissoras para a geração de energia limpa e para o desenvolvimento sustentável. Além disso, de acordo com o relatório da *International Renewable Energy Agency* (IRENA), estima-se que a geração de energia solar já reduz as emissões globais de CO₂ em 200-300 milhões de toneladas por ano (IRENA, 2016).

Vale ressaltar que a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico ou energia solar concentrada (CSP) e o fotovoltaico (ANEEL, 2016).

De acordo com o relatório da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o efeito termoelétrico consiste no surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. Já o efeito fotovoltaico, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares (ANEEL, 2016).

Ruther *et al* (2015), que estudaram estratégias para utilizar a energia fotovoltaica para a redução da demanda de pico nas regiões urbanas em um ambiente de rede inteligente, afirmam que a indústria fotovoltaica teve um crescimento entre 2011 a 2013 de 46% e que essa tecnologia está em crescente desenvolvimento em países em desenvolvimento.

Um exemplo de país que está investindo no desenvolvimento de energia solar fotovoltaica é a Alemanha, os painéis fotovoltaicos espalhados pelo país são um recorde mundial. Em média, por ano, a Alemanha consegue suprir 20% das necessidades de eletricidade com a produção fotovoltaica e esta já responde por 35% de toda energia solar produzida no mundo (EFICIEN, 2014).

Por outro lado, vale mencionar que o lugar mais ensolarado da Alemanha recebe menos luz do sol do que a parte mais sombria do Brasil. Dessa forma, o

Brasil começa a considerar a energia provinda do sol como uma oportunidade (ANEEL, 2014).

Além disso, ao considerar o cenário brasileiro, ainda é possível encontrar mais vantagens no uso da energia solar. Uma dessas vantagens é o fato do Brasil possuir uma das maiores fontes de silício, que é uma das principais matérias primas usadas nas placas que transformam energia solar em elétrica. Outro fato importante é que o Brasil, na maior parte do seu território, possui uma alta taxa de intensidade de luz solar, o que torna o processo mais eficiente. Porém, apesar de todas estas vantagens, segundo a Abinee (2012), o país produz apenas 7 MWp de energia solar.

De acordo com o presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Maurício Tolmasquim, a geração de energia pela fonte solar já é mais econômica em 98% do mercado nacional. Além disso, a ANEEL estima que o Brasil tenha 500 mil unidades geradoras de energia solar até 2024, com uma potência de 2 giga watts (GW), superior à usina nuclear de Angra 2 (ANEEL, 2015).

Entretanto, apesar da energia solar ser uma energia limpa e apresentar um enorme potencial, no Brasil, nem sempre o seu uso é economicamente viável em comparação com outras fontes energéticas, como as hidrelétricas. Essa inviabilidade se dá, principalmente, pela falta de investimentos em pesquisa de eficiência energética fotovoltaica, pela falta de informações sobre os custos e os retornos financeiros no cálculo da viabilidade, além da dificuldade de coletar dados como incidência de luz, incentivos governamentais e custo de energia elétrica que variam em cada região.

Além disso, de acordo com o relatório anual de progresso de energia limpa (TCEP), incluído no ETP (*Energy Technology Perspectives*) 2017, mostra que a transformação para um sistema de energia limpa não está em conformidade com os objetivos da política internacional estabelecida. Muitas áreas tecnológicas sofrem com a falta de apoio político, o que impede sua implantação ampliada (IEA, 2017). Neste contexto, alguns autores, como Lior (2010), enfatizam que é preciso um sistema político para suportar, de forma rápida e efetiva, movimentos em direção à energia sustentável.

No país, já existem alguns incentivos legais para o uso da energia renovável, que apesar de terem como foco principal a energia eólica e a biomassa, já estimulam o uso da energia fotovoltaica ao permitirem vender o excedente da

energia produzida por essa fonte para a estação de energia elétrica local (ANEEL, 2012). Esse incentivo está presente na resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

No entanto, essa fonte de energia ainda é considerada cara devido aos elevados gastos com tecnologias e manutenção. Mas, segundo o diretor de consultoria em energia da PSR, Rafael Kelman, o preço dos equipamentos solares caiu pela metade nos últimos cinco anos, e ele acredita que em um patamar de dez anos essa indústria deve aumentar sua participação no mercado do Brasil competindo com as outras fontes de energias renováveis (ANEEL, 2014).

Além disso, o mercado mundial de aquecedores solares começou a crescer a partir da década de 1970, mas passou por uma expansão significativa durante a década de 1990. Como resultado deste crescimento, houve um aumento substancial de aplicações, da qualidade e de modelos de produtos disponíveis (BAPTISTA, 2006).

Dado essa situação, faz-se necessário uma análise de viabilidade econômica para saber se realmente é viável, do ponto vista econômico, o investimento do consumidor em energia fotovoltaica, ou se ainda são necessárias melhorias na política de incentivos para o investimento nessa fonte de energia.

Alguns trabalhos científicos já pesquisaram sobre energia solar e sistema fotovoltaico, como o de Lafay; Stephane (2005), que analisaram os sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás, e de Casaro e Martins (2009) que pesquisaram sobre o processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. Mais recentemente, Martins et al (2016) abordou o desafio do maior potencial de aproveitamento da energia solar como recurso renovável para a produção local de eletricidade e o paradoxo de reduzir os indesejáveis ganhos de calor solar nos edifícios, proporcionando níveis satisfatórios de luz natural.

A presente pesquisa pretende contribuir com esse campo de pesquisa ao ter como objetivo analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em residências padrão, de 4 a 5 moradores, localizada na região de Uberaba, Minas Gerais.

Todos os fatores legais que interferem na viabilidade de adotar um sistema fotovoltaico em uma residência variam muito de acordo com a região, por isso, para

a presente pesquisa, foi escolhida uma região específica: região urbana da cidade de Uberaba-MG. Dessa forma, pode-se ter controle de todas as taxas fiscais, dados estatísticos de consumo da população, incidência de radiação solar e outros dados que irão influenciar a avaliação do investimento. Outra justificativa para a escolha dessa região é pela facilidade de acesso a informações por parte das pesquisadoras.

2 ENERGIA SOLAR E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

A geração distribuída (GD) pode ser uma boa alternativa às formas tradicionais de produção de energia elétrica, para as diversas aplicações, podendo oferecer um custo de produção mais baixo e qualidade de energia mais elevada do que um consumidor poderia obter da rede (Santos, Santos, 2016).

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu a Resolução Normativa nº 482 com o objetivo de “estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia”.

Essa resolução autoriza o Sistema de Compensação de Energia, que permite ao consumidor instalar geradores fotovoltaicos conectados à rede. Dessa forma, o consumidor pode instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. O consumidor que instalar micro ou minigeração distribuída será responsável, inicialmente, pelos custos de adequação do sistema de medição necessário para implantar o sistema de compensação. Após a adaptação, a própria distribuidora será responsável pela manutenção, incluindo os custos de eventual substituição.

O conceito consiste em armazenar na rede elétrica o excedente de energia produzida durante o dia na forma de crédito e, durante a noite, quando o gerador não funciona devido à ausência de luz solar, a rede elétrica supre a demanda. O excedente produzido durante o dia será abatido na conta de energia (ANEEL, 2014).

Com essa norma implantada, a energia solar pode se tornar viável, já que a energia produzida além do consumo residencial, ao invés de ser armazenada, pode ser devolvida à rede (PORTAL BRASIL, 2016). De acordo com Ruther (2011) são vários os benefícios que podem ser citados: a redução de perdas por transmissão e

distribuição de energia, redução de investimento em linhas de transmissão e distribuição, edifícios com tecnologia fotovoltaica integrada não exige recursos físicos específicos e fornecem maiores volumes de eletricidade em momentos de alta demanda.

Com os sistemas atuais, uma família média que possui um sistema solar com armazenamento de energia e painéis de dimensão suficiente só teria que recorrer a fontes externas de energia elétrica em algumas horas por semana (HATTENBERGER, 2011).

Outro ponto importante é em relação à armazenagem da energia fotovoltaica. Os módulos fotovoltaicos produzem energia de acordo com a incidência de radiação solar, e não de acordo com a demanda do consumidor. Até então, essa energia excedida tinha de ser armazenada de forma a ser aproveitada futuramente, o que gerava gastos extras com baterias, além de mais perdas. Com a nova norma aprovada, o próprio sistema funciona como uma bateria, podendo armazenar, em forma de créditos, que poderão ser descontados na conta de energia elétrica, qualquer quantidade de energia produzida pelo consumidor (ABINEE, 2012).

Vale mencionar ainda que o Brasil, em relação à energia solar, é considerado privilegiado, visto a imensa incidência de raios solares emitidos em seu território e pelas reservas de quartzo para a produção do silício, utilizado na fabricação de células solares (AGUILAR et al., 2012). Deste modo, o uso dessa energia pode trazer muitos benefícios em longo prazo para o país, possibilitando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da eletrificação pela rede convencional é muito alto (FERREIRA et al, 2018).

De acordo com o relatório da *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2016), as instalações de energia solar fotovoltaica estão aumentando em relação a outros anos, no ano de 2015 teve um aumento de 20% comparado com o ano anterior. Conseqüentemente, a energia solar foi considerada uma boa fonte de energia renovável.

Vale ressaltar que a energia solar possui uma produção mais estável e previsível, quando comparada com outras fontes alternativas de energia, como, por exemplo, a energia eólica, mesmo com o céu nublado, porém não produz nada durante a noite (HATTENBERGER, 2011). Além disso, há diversos benefícios dessa fonte energética, como: gases não poluentes na atmosfera quando comparada a

outras energias, a mínima manutenção em suas centrais, e uma grande vida útil de seus sistemas implantados (AGUILAR et al.,2012).

De acordo com Burda, Baltazar e Bernardo (2011), há vários projetos em curso e em operação, para o uso de energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas de células fotovoltaicas de geração de energia, com o objetivo de atender comunidades isoladas da rede de energia e do desenvolvimento regional. Um bom exemplo é a utilização de painéis solares para atendimento a comunidades rurais e isoladas, do Programa Luz para Todos, do Governo Federal.

Vale destacar que Pereira, Freitas e Silva (2010) concluíram, em seu trabalho, que os esforços do governo para combater a pobreza energética por meio de programas que levam eletricidade às áreas rurais são eficientes. Prover acesso à energia é, portanto, um componente apropriado das estratégias para reduzir a desigualdade e melhorar a qualidade de vida destas pessoas. Além disso, salienta-se que Sena et al (2016) constatou em seu trabalho sobre o alto nível de aceitação da energia solar e eólica no país.

De acordo com o relatório divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012), do Ministério de Minas e Energia, diferentemente da produção de energia solar em grande escala (geração centralizada) que, ainda é inviável, mesmo com incentivos fiscais; a produção residencial de energia solar (geração distribuída) já é economicamente viável para alguns pontos da rede elétrica.

Vale salientar, ainda, que esse mercado potencial pode crescer bastante se forem concedidos incentivos como o financiamento à compra dos painéis e conversores fotovoltaicos (equipamentos que transformam a luz do sol em energia elétrica), a isenção fiscal para a produção desses equipamentos no país e a redução do Imposto de Renda para os consumidores (EPE, 2012).

Porém, de acordo com o IPEA (2010), as ações em termos de políticas públicas nesse sentido ainda são diminutas, não alterando o cenário, significativamente. Freitas, Dantas e Iizuka (2012), em sua pesquisa, afirmam que a principal diferença entre os países desenvolvidos e os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), grupo do qual o Brasil faz parte, com relação a capacidade instalada baseada em energias renováveis modernas, refere-se à primazia dos países desenvolvidos em estabelecer a capacidade de usar fontes solares fotovoltaicas (rede conectada).

De fato, no Brasil, a energia solar encontra-se muito distribuída, além de apresentar problemas relacionados à estocagem. No entanto, vale ressaltar que a energia solar deve ser impulsionada com a implementação dos conceitos de *smart grid*, por meio do desenvolvimento de sistemas de geração e estocagem mais eficientes, tornando viável a geração distribuída conectada à rede, desta fonte de energia.

Freire et al. (2011) afirma que o desenvolvimento de *smart grids* no Brasil pode definir um novo marco para a indústria elétrica e tornar o mercado de energia mais dinâmico por meio de novas formas de ações dos pequenos agentes do mercado, que inclui a oportunidade de usuários operar tanto como produtores, como consumidores de energia. Deste modo, é possível verificar que, entre os diversos benefícios, os *smart grids* torna mais acessível e competitiva a geração descentralizada a partir de fontes renováveis, contribuindo para incentivá-las.

Entretanto, deve ser enfatizado que a política governamental é a base principal, que vai apoiar o desenvolvimento do programa, com definição de orientações. Estas políticas devem estabelecer harmonia e alinhamento entre regulação, infraestrutura e mercado (FREIRE et al., 2011).

Nesse contexto, Goldemberg e Moreira, (2005) salientam que a presença do Governo é essencial para: 1) atender a demanda da sociedade por mais e melhores serviços de energia; 2) estimular a participação de fontes energéticas sustentáveis e duradouras; 3) priorizar o uso eficiente da energia para liberar capital aos setores mais produtivos da economia e preservar o meio ambiente; 4) utilizar o investimento em energia como fonte de geração de empregos e de estímulo à indústria nacional; 5) incorporar à matriz energética insumos importados quando isso resultar em vantagens comerciais e sociais ao país, inclusive através da abertura de exportação de produtos e serviços e, 6) produzir energia de diversas fontes, reduzindo o risco da eventual escassez de algumas delas de forma compatível com as reservas disponíveis no país.

3 MÉTODO

Para a análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em residências de Uberaba-MG foram utilizados os métodos de análise:

VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

O VPL mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil. Se não houver restrição de capital, argumenta-se que o critério leva a escolha ótima, pois maximiza o valor da empresa (SAMANEZ, 2009). A Expressão 1 define o VPL:

$$VPL = InvestimentoInicial + \sum_{j=0}^n F_j / (1+i)^j \quad (1)$$

Sendo que F é o fluxo de caixa em cada ano; i é o custo do capital; e o símbolo Σ , somatório, indica que deve ser realizada a soma da data 1 até a data n dos fluxos de caixa descontados ao período inicial. Se o VPL for positivo, o projeto é economicamente viável.

Já o método da TIR não tem como finalidade a avaliação da rentabilidade absoluta a determinado custo de capital, como o VPL, mas objetiva encontrar uma taxa intrínseca de rendimento, sendo, assim, definida como a taxa de retorno do investimento (SAMANEZ, 2009). A TIR, matematicamente, é a taxa que anula o VPL, satisfazendo a Expressão 2:

$$VPL = 0 = Investimento Inicial + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} \quad (2)$$

Se a TIR for maior que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) o projeto é economicamente viável.

Para realizar a análise utilizando essas técnicas, primeiramente, foi feito um contato via *e-mail* com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais S.A.) da cidade de Uberaba, a qual informou os valores médios de consumo em residências de Uberaba - MG durante o período de junho de 2014 a junho de 2015. Posteriormente, esses dados foram utilizados para a construção do fluxo de caixa.

Em seguida, foi realizado o contato via *e-mail* com empresas que trabalham com o sistema fotovoltaico e obteve-se que, para o consumo médio requerido pelas residências de Uberaba-MG, o investimento inicial no sistema fotovoltaico seria de R\$19.000,00 e a vida útil do equipamento é de 30 anos. Deste modo, nesse trabalho, considerou-se o horizonte de planejamento para o cálculo do VPL e da TIR

igual a 30 anos. Por esse motivo, não há valor residual, pois, o equipamento, após 30 anos, é completamente depreciado.

O cálculo do VPL e da TIR requer a definição da TMA. ATMA pode variar ao longo do tempo devido a fatores como: risco do projeto, oportunidade de investimento, estrutura tributária, capital limitado e taxas de mercado de outras corporações (BLANK, TARQUIN, 2008).

Neste trabalho, a TMA utilizada foi próxima a SELIC, pois a mesma representa a taxa básica de juros da economia brasileira e serve de referência para as outras taxas da economia. Outros trabalhos sobre viabilidade econômica do uso da fonte energética provinda do sol, como o de HIDAKA (2005), que estudou a viabilidade para racionalização energética do Instituto Criança Cidadã, também usaram para a TMA uma taxa próxima a SELIC em suas análises. Desta forma, neste trabalho, a TMA utilizada foi de 9,15% a.a., que era o valor da taxa SELIC em setembro de 2017 (BANCO CENTRAL, 2017). Porém, ressalta-se que ao longo do horizonte de tempo considerado, essa taxa pode sofrer alterações, apesar das mesmas não terem sido consideradas nesse trabalho.

Com os dados definidos, deve-se montar o fluxo de caixa incremental. Nele considerou-se, assim, o investimento inicial no sistema fotovoltaico de R\$19.000,00 e o gasto médio anual devido ao consumo energético nas residências de Uberaba-MG. Este último foi calculado considerando o valor do kWh da energia elétrica, os impostos relacionados à energia elétrica e o consumo elétrico anual das residências desta cidade, fornecido pela CEMIG.

No entanto, os impostos relacionados com a energia elétrica podem variar segundo as três bandeiras tarifárias vigentes: verde, amarela e vermelha. Cada uma tem um preço do kWh específico: na bandeira verde não há acréscimo no valor da fatura. Na bandeira amarela há um acréscimo de R\$0,025 por kWh consumido, mais os impostos. Por fim, na bandeira vermelha há um acréscimo de R\$0,055 por kWh consumido, além dos impostos.

Neste trabalho analisou-se a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico para as três bandeiras possíveis. Além disso, foi considerada a possibilidade de ocorrer uma variação no consumo de energia residencial de energia durante os 30 anos considerados.

A fim de considerar essa variação no consumo energético no cálculo e possibilitar uma análise de risco da implantação desse sistema, utilizou-se a simulação de Monte Carlo para calcular o VPL e TIR.

A simulação de Monte Carlo é uma técnica matemática computadorizada que possibilita levar em conta o risco em análises quantitativas e tomadas de decisão. Essa técnica é usada por profissionais de uma grande variedade de campos: finanças, gerenciamento de projetos, energia, indústrias, engenharia, pesquisa e desenvolvimento, seguros, petróleo e gás, transportes e meio ambiente (PALISADE, 2016).

A simulação de Monte Carlo fornece ao tomador de decisão uma gama de resultados possíveis e as probabilidades de ocorrências desses resultados de acordo com a ação escolhida como decisão. Ela mostra as possibilidades extremas de resultados das decisões mais ousadas e das mais conservadoras e todas as possíveis consequências das decisões mais moderadas (PALISADE, 2016).

Desta forma, foram montados 100 (cem) cenários para cada bandeira tarifária, considerando a variação no consumo de energia residencial igual a um desvio padrão de 4% a.a., de acordo com a projeção de energia do Ministério de Minas e Energia – MME (MME, 2015).

Após o cálculo do VPL e da TIR para cada um dos 100 cenários, obteve-se um VPL médio e uma TIR média para cada bandeira tarifária. Além disso, foi realizada uma análise de risco, calculando a probabilidade de insucesso de cada bandeira. Essa probabilidade de insucesso foi calculada de acordo com a Expressão 3:

$$Z = \frac{\text{TMA} - \text{MÉDIA TIR}}{\text{DESVIO PADRÃO TIR}} \quad (3)$$

Encontrado o valor de Z, obteve-se na tabela normal padrão a probabilidade de insucesso, ou seja, a probabilidade de o investimento ser tornar inviável para cada bandeira tarifária.

Vale mencionar que, de acordo com o Ronalde Xavier Moreira Jr., gerente de tarifas da Cemig, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) define uma tarifa pública de consumo de luz para as concessionárias, e elas calculam a tarifa final,

adicionando o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), o Pasep (Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e a Cofins (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social). Com isso, o valor cobrado pelo KWh pode variar de um mês para o outro (O TEMPO, 2015).

Destaca-se também sobre a externalidade de rede. De acordo com Kupfer e Hasenclever (2013), essa externalidade estimula um processo de interação local que viabiliza o aumento da eficiência produtiva, criando um ambiente propício à elevação da competitividade dos agentes integrados à rede. Análises sobre essas redes também ressaltam os impactos das articulações entre agentes em termos da geração de efeitos de aprendizado e da dinamização do processo inovativo.

Uma tecnologia que vem sendo muito discutida e exposta sobre energia é a rede inteligente de energia, ou do inglês, *smart grid*. Essa tecnologia, cria a figura do prosumidor, aquele que é produtor e consumidor ao mesmo tempo, ou seja, produz e fornece energia à rede. Com isso, espera-se uma melhoria tecnológica no âmbito energético e uma geração de valores a todos os setores envolvidos, principalmente aos consumidores (CEMIG, 2017).

No entanto, neste trabalho, ao adotar as premissas sobre o valor do KWh e o tempo de vida útil do equipamento foram realizadas simplificações e não foram mensurados os impactos que esses diversos fatores ocasionam no valor do KWh e nem a criação de valor com a tecnologia *smart grid* ao longo dos 30 anos de vida útil do equipamento. Porém, como mencionado, foi considerado que o preço do KWh varia de acordo com a bandeira tarifária e foram elaborados 100 cenários para cada bandeira, com a simulação de Monte Carlo, variando o consumo de energia elétrica das residências, segundo projeções do MME.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realizar a análise proposta foram construídos os fluxos de caixa incremental considerando os seguintes dados: horizonte de planejamento de 30 anos; TMA de 9,15% a.a.; investimento inicial no equipamento fotovoltaico de R\$19.000; e gasto médio anual devido ao consumo energético nas residências de Uberaba-MG, que foi calculado considerando impostos, consumo energético médio das residências de Uberaba e valor do KWh.

A partir desses dados, por meio da Simulação de Monte Carlo, foram montados 100 (cem) cenários para cada bandeira vigente considerando uma variação do consumo energético residencial igual a um desvio padrão de 4% a.a. Uma vez calculado o VPL e a TIR de cada cenário, foram mensurados o VPL médio, a TIR média e o risco deste investimento para as bandeiras tarifárias verde, amarela e vermelha.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1- Resultados

Média VPL	Média TIR	RESULTADOS	
		Desvio Padrão TIR	Probabilidade de Insucesso
R\$ 1.738,68	8%	0,04952%	100%
R\$ 10.824,52	14%	0,09624%	0,00%
R\$ 11.840,37	14%	0,10%	0,00%

Analisando os resultados, percebe-se que a única bandeira inviável é a verde, pois foi a única que apresentou VPL médio negativo.

Para melhor entendimento sobre as probabilidades de insucesso foi feita uma tabela para cada bandeira tarifária (Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente), com o que é esperado de valores para a TIR para 68% dos resultados, 95% dos resultados e 99% dos resultados.

Tabela 2- Bandeira Verde

68% dos resultados	8,25%	8,35%	Abaixo da TMA de 9,15%
95% dos resultados	8,20%	8,40%	Abaixo da TMA de 9,15%
99% dos resultados	8,15%	8,45%	Abaixo da TMA de 9,15%

Como é possível verificar na Tabela 2, na bandeira verde, a média da TIR foi menor que o valor da TMA em 99% dos casos e, assim, nessa bandeira a probabilidade de insucesso é próxima de 100%.

Tabela 3- Bandeira Amarela

68% dos resultados	13,77%	13,96%	Acima da TMA de 9,15%
95% dos resultados	13,67%	14,06%	Acima da TMA de 9,15%
99% dos resultados	13,58%	14,15%	Acima da TMA de 9,15%

Tabela 4- Bandeira Vermelha

68% dos resultados	14,17%	14,37%	Acima da TMA de 9,15%
95% dos resultados	14,07%	14,47%	Acima da TMA de 9,15%
99% dos resultados	13,97%	14,57%	Acima da TMA de 9,15%

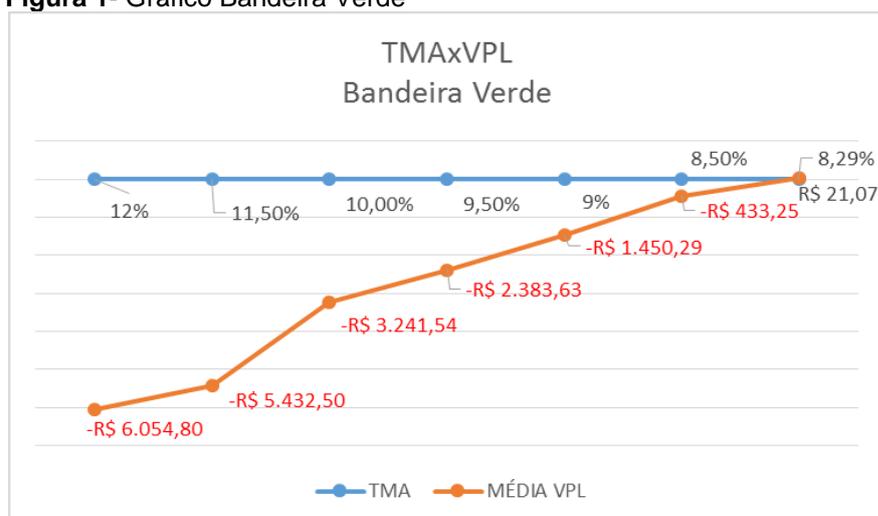
Já a Tabela 3 e a Tabela 4, mostram que a média da TIR é maior que o valor da TMA em 99% dos resultados para as bandeiras amarela e vermelha, respectivamente, e assim a probabilidade de insucesso é de aproximadamente 0%.

No entanto, deve-se ressaltar que a TMA utilizada para os cálculos foi aproximada pela taxa SELIC, que até 09/2017 era de 9,15% a.a. (BANCO CENTRAL, 2017), ou seja, uma taxa considerada alta comparada com as taxas em períodos de estabilidade econômica pelos quais o país já passou.

A TMA alta, fez com que a bandeira verde se apresentasse como inviável. Logo, percebe-se que as políticas monetárias atualmente estão direcionadas para conter a inflação e, portanto, estão mantendo a SELIC elevada, mas com projeções de queda em um futuro próximo.

Analisando essa situação, montou-se a Figura 1 para demonstrar qual o valor da TMA que viabilizaria a implementação de um sistema fotovoltaico em residências de Uberaba-MG no caso de bandeira verde.

Figura 1- Gráfico Bandeira Verde



Na Figura 1, pode-se perceber que para o VPL ficar com um valor positivo é necessário que a TMA considerada fosse de até, aproximadamente, 8,29% a.a.

Analisando os dados encontrados e considerando que a meta para a SELIC no mês de março de 2018 é de 6,5% (BANCO CENTRAL, 2017), conclui-se que neste caso o projeto seria considerado viável. Vale mencionar, ainda, que a última vez que a Selic ultrapassou 14,57% a.a., a taxa que inviabilizaria inclusive a bandeira vermelha, foi em julho de 2006.

A fim de amparar melhor as análises, foram montados 100 cenários para a TMA, com a geração de números aleatórios, da Simulação de Monte Carlo, considerando os valores da Selic entre janeiro de 2007 a fevereiro de 2018 para o cálculo da média e do desvio padrão.

Além disso, observa-se que as variações de bandeira ocorrem em um horizonte de curto prazo, ou seja, em um único ano pode haver várias variações de bandeira, mais ainda se considerados 30 anos. Deste modo, foram consideradas as variações de bandeiras entre os anos de 2015 a 2018, constatando que em 50% dos meses ocorreu bandeira vermelha, em 35,4% dos meses ocorreu bandeira verde, e 14,6% dos meses ocorreu bandeira amarela. Deste modo, foram gerados números aleatórios para as bandeiras, no horizonte definido, considerando uma distribuição discreta obedecendo a essas porcentagens.

Assim, os números aleatórios gerados para a TMA e para as bandeiras foram inseridos nos cálculos para a análise da viabilidade econômica, em uma nova simulação. Nesse caso, a probabilidade de insucesso calculada por meio do VPL foi de 12,85%.

Os resultados encontrados nesse trabalho amparam a constatação de Câmara (2011) que afirma que existe, no Brasil, a necessidade de implantação de uma legislação específica para sistemas de energia solar fotovoltaica no intuito de aproveitar o potencial solar brasileiro, desenvolver a indústria nacional de equipamentos e serviços, com o objetivo de restringir a importação, e tornar a energia solar, também, efetivamente competitiva.

Ressalta-se que, nos últimos anos, a energia solar tem sido alvo de estímulos. Além do Programa Luz para Todos, já mencionado, é possível listar alguns deles, segundo Silva (2015): Venda direta a consumidores, que permite que os geradores de energia solar com potência inferior a 50 MW comercializem a energia elétrica sem intermediação de distribuidoras, para cargas menores de 3MW; Garantia de conexão à rede, sendo que a energia excedente gerada vai para a rede

e é adicionada como saldo positivo na fatura; Isenção do ICMS as operações envolvendo equipamentos destinados a geração de energia elétrica por células fotovoltaicas; Isenção do imposto de renda da energia gerada por pessoa física; Redução de alíquotas PIS/PASEP e COFINS sobre vendas no mercado interno ou importação de máquinas, equipamentos e instrumentos; Condições diferenciadas de financiamento; Investimento de 395 milhões em pesquisa e desenvolvimento; e Fundo solar, que oferece apoio financeiro no valor de R\$ 1.000,00 à R\$ 5.000,00 por projeto de microgeração fotovoltaica conectado à rede, porém, o orçamento é restrito a R\$ 65.000,00 em sua primeira fase.

Deste modo, verifica-se que a maioria dos incentivos no país é de âmbito fiscal, com reduções de impostos, e pouco se investiu em políticas de compra de energia ou mesmo subsídios para instigar a população a instalar sua geração de energia solar nos telhados, apesar do grande potencial de irradiação no país.

Contata-se ainda, que os programas de subsídios tem orçamento muito restrito (Ex: orçamento de R\$ 65 mil para a primeira fase, segundo Silva (2015)), atingindo uma parcela insignificante de 13 a 65 dos mais de 62,8 milhões de domicílios no país. Com o incentivo de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00 por instalação, comparando ao custo de R\$ 19.000,00 equivalente a um equipamento instalado de geração fotovoltaica na cidade de Uberaba-MG, este subsídio varia entre 5,2% a 26,3%.

Os resultados encontrados neste trabalho, também, são coerentes com o trabalho de Teixeira; Carvalho; Leite (2011), que realizou uma análise com três cenários: primeiro considerando a fotoconversão; depois a termoconversão e fotoconversão; e o terceiro a termoconversão, fotoconversão e concessionária. Os resultados indicaram que o único cenário viável seria o terceiro. No entanto, os autores ressaltaram a grande importância da instalação dos sistemas fotovoltaicos quando avaliados sob o foco da redução de impactos ambientais.

Outro projeto sobre energia solar foi o de Giampietro; Racy (2004), que analisou a viabilidade de implantar o sistema fotovoltaico nas residências rurais do Nordeste brasileiro. Este trabalho teve como resultado que o sistema fotovoltaico seria viável, mas dentre os demais sistemas analisados no projeto foi o mais caro. No entanto, por ser um estudo de custo social a TMA considerada foi de 6,5% a.a., e ressalta-se que este sistema foi o escolhido por ser o mais eficaz em longo prazo.

5 CONCLUSÃO

É de conhecimento que energia é um dos componentes essenciais para o desenvolvimento social e econômico das nações (e, conseqüentemente, das cidades). Este desenvolvimento, por sua vez, deve estar intimamente ligado ao uso sustentável, eficiente e seguro de energia com base em abordagens ecológica e economicamente mais viáveis para o futuro da sociedade a curto e longo prazo.

Nesse contexto, a energia solar pode desempenhar um importante papel como fonte renovável. Porém, com os resultados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir que no atual momento da economia brasileira o sistema fotovoltaico para residências uberabenses não é economicamente viável no caso da vigência da bandeira verde, sendo viável, entretanto, quando a bandeira tarifária cobrada for a amarela ou a vermelha. No entanto, considerando possíveis melhorias e estabilizações na economia, que culminem na redução das taxas de juros cobradas, o projeto torna-se viável e útil para a população de Uberaba-MG.

Entretanto, como mencionado, além dos aspectos econômicos, um fato muito importante a ser considerado é a questão do desenvolvimento sustentável. Em um período de mudanças climáticas e restrições a emissões cada vez maiores, é importante focar o desenvolvimento das nações na direção de uma economia de baixo carbono. Mesmo que atualmente o Brasil apresente uma SELIC muito alta, é preciso levar em consideração que o sistema fotovoltaico é uma fonte de energia renovável que não prejudica o meio ambiente e contribui para a segurança energética nacional, uma vez que diversifica o suprimento de energia e as fontes energéticas utilizadas no país.

De acordo com a teoria de externalidade de rede, espera-se que em trinta anos (vida útil do equipamento) os painéis fotovoltaicos fiquem mais competitivos e atrativos devido a efeitos como o da economia de escala. Deste modo, os resultados do presente trabalho devem ser interpretados com cautela, uma vez que não foram considerados tais efeitos da economia de escala, bem como possíveis mudanças na TMA, no horizonte de tempo considerado para a análise. Ressalta-se, ainda, que, no presente estudo, as alterações no preço do KWh, bem como do consumo energético em residências, foi considerado por meio da elaboração dos cenários na Simulação de Monte Carlo, mas não foi analisado diretamente o impacto que a modernização

da tecnologia nas distribuidoras, o uso de mais dispositivos eletrônicos devido a difusão tecnológica e os *smart-grids* podem promover nesses valores. Assim, futuros trabalhos podem ser desenvolvidos abordando e mensurando de forma mais direta a influência e impacto desses fatores no preço do KWh e no consumo de energia, bem como a influência de possíveis alterações na política energética do país.

Por fim, espera-se que este trabalho forneça informações úteis para que estudos semelhantes sejam desenvolvidos em outras regiões, a fim de que fontes renováveis de energia sejam cada vez mais utilizadas contribuindo para a redução de emissões e o bem-estar social. Porém, para isso, é importante que as implantações desses sistemas possuam viabilidade econômica. Logo, ressalta-se que incentivos públicos são importantes para motivar e viabilizar o uso dessa fonte energética em residências.

REFERÊNCIAS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**, 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 08 set. 2014.

AGUILAR, R.S; OLIVEIRA, L.C.S; ARCANJO, G.L.F. Energia renovável : os ganhos e os impactos sociais , ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012. **Anais....** Bento Gonçalves. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012.

ALVEZ,G; NASICMENTO,R. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais**. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf. Acesso em: 07 set. 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N°482**, 2014. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/blog/wp-content/uploads/2012/04/Resolucao-ANEEL-2012-482-Fotovoltaica-conectada-a-rede-Sistema-de-compensacao-de-energia.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2014.

ANEEL. **Energia solar**, 2016. 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: 07 set. 2017.

BANCO CENTRAL. **Histórico das taxas de juros**, 2017. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp>. Acesso em: 11/09/2017.

BAPTISTA, A. Análise da Viabilidade Econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil. 2016. 156f. Dissertação (Mestre em ciências em planejamento energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

BLANK,L; TARQUIN,A. **Engenharia econômica**. 6. ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2008. 743p.

BURDA, A. E.; BALTAZAR, B. P. M.; BERNARDO, J. I. Evolution of renewable energy in Brazil. **3rd International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact**, ICCEP 2011. Ischia. 316-319 p.

CÂMARA, C. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 68 p. Dissertação (Monografia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CAMIOTO, F. C.; Mariano, E. M. ; REBELATTO, D. A. N. Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development. **Environmental Science & Policy**, v. 37, p. 50-60, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.007>

CASARO, M.; MARTINS, D. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Revista Controle & Automação**, v. 21, n. 2, p. 159 - 172, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-17592010000200005>

CEMIG. **O que são as redes inteligentes de energia?**, 2017. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Redes_Inteligentes/Paginas/as_redes_inteligentes.aspx. Acesso em: 13 set. 2017.

CRESESB. **Atlas solatimétrico do Brasil**, 2000. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 07 set. 2017.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. **Tutorial de energia solar fotovoltaica**, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=301>. Acesso em: 7 jul. 2014.

ECOTURISMO. **O que é energia renovável**, 2009. Disponível em: <http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/o-que-e-energia-renovavel/>. Acesso em: 13 ago. 2017.

EFICIEN. **Alemanha é o país com maior investimento em energia solar do mundo**, 2014. Disponível em: <http://www.eficien.com.br/noticias/alemanha-e-o-pais-com-maior-investimento-em-energia-solar-do-mundo/>. Acesso em: 12 maio 2015.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**, 2012. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 17 out. 2012.

FERREIRA,A;KUNH,S;FAGNANI,K;SOUZA,T;TONEZER,C;SANTOS,G;ARAÚJO,C. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 81, p.181-191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>

FREIRE, L.M. et al. Perspectives of Smart Grid in the Brazilian Electricity Market. IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Latin America SGT LA 2011 - **Conference Proceedings**, n. 6083181. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2011.6083181>

FREITAS, I. M. B.; DANTAS, F.; IIZUKA, M.The Kyoto mechanisms and the diffusion of renewable energy technologies in the BRICS. **Energy Policy**, v. 42, p. 118 – 128, 2012.

GIAMPIETRO, U; RACY, J. **Viabilidade econômica da energia solar nas áreas rurais do nordeste brasileiro**. 12p. Mackenzie, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.055>

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. (2005). Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000300015>

HATTENBERGER M. **O potencial da energia eólica e solar no Brasil**. Swisscam Brasil Magazine. Ed. 66, 2011. Disponível em: www.swisscam.com.br . Acesso em: 29 nov. 2011.

HIDAKA, R. **Estudo de viabilidade para racionalização energética do instituto criança cidadã**. 11p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

IEA. **Energy technology perspectives 2017**. Disponível em: <http://www.iea.org/etp2017/summary/>. Acesso em: 13 set. 2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília, Ipea, 2010.

IRENA. **Jobs Annual Review**, 2015. Disponível em: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2015.pdf. Acesso em: 07 set. 2017.

IRENA. **Jobs Annual Review**, 2016. Disponível em: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf. Acesso em: 07/09/2017.

KUPFER,D; HASENCLEVER,L. **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-85-352-6368-8.00007-4>

LAFAY; STEPHANE, J. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás**. 173 p. Dissertação: Doutorado Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LIOR, N. **The current status and possible sustainable paths to energy “generation” and Use**. Nuclear & Renewable Energy Conference (INREC), 2010 1st International. DOI: <https://doi.org/10.1109/INREC.2010.5462556>

MARTINS, T.A.D.L., ADOLPHE, L., BASTOS, L.E.G., MARTINS, M.A.D.L. Sensitivity analysis of urban morphology factors regarding solar energy potential of buildings in a Brazilian tropical context. **Solar Energy**, v. 137, p. 11-24, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.053>

MME - Ministério de Minas e Energia. **Projeção da demanda de energia elétrica**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%2003-2015-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015-2024.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2015.

O TEMPO. **Tributos fazem valor da conta de energia variar mês a mês**, 2015. Disponível em: < <http://www.otempo.com.br/capa/economia/tributos-fazem-valor-da-counta-de-energia-variarm%C3%AAs-a-m%C3%AAs-1.1078723>>. Acesso em: 13/09/2017.

PALISADE. **Simulação de Monte Carlo**, 2014. Disponível em: http://www.palisade-br.com/risk/monte_carlo_simulation.asp. Acesso em: 25 abr. 2016.

PEREIRA, M. G.; FREITAS, M. A.; SILVA, N. F. Rural electrification and energy poverty: empirical evidences from Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1229-1240, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.12.013>

PORTAL BRASIL. **Nova regra estimula consumidor a gerar energia elétrica**, 2016. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/nova-regra-estimula-consumidor-a-gerar-energia-eletrica>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

RUTHER R, ZILLES R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v.39, n.3, p.1027–30, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.021>

RUTHER, R; JUNIOR, L; BITTENCOURT, A; DRUDE, L; SANTOS, I. Strategies for Plug-in Electric Vehicle-to-grid (V2G) and Photovoltaics (PV) for peak demand reduction in urban regions in a smart grid environment. In: RAJAKARUNA S., SHAHNIA F., GHOSH A. (eds) **Plug in electric vehicles in smart grids**. Power Systems. Springer, Singapore, 2015.

SAMANEZ, C.P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SANTOS,F.C.M., SANTOS,F.M.S.M. Geração distribuída versus centralizada. **Millenium. Journal of Education, Technologies, and Health**, v. 13, n. 35, 2016.

SENA, L.A., FERREIRA, P., BRAGA, A.C. Social acceptance of wind and solar power in the Brazilian electricity system. **Environment, Development and Sustainability**, v.18, n. 5, p. 1457-1476, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9772-0>

SILVA, R. M. **Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fev. 2015 (Texto para Discussão nº 166). p. 815. Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 22 abr. 2018.

SWIFT-HOOK, D. T.The case for renewables apart from global warming. **Renewable Energy**, v. 49, p. 147-150, 2012.DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.043>

TEIXEIRA, A; CARVALHO, M; LEITE, L. **Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial**. 20p. Universidade de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2011.



Artigo recebido em: 13/12/2016 e aceito para publicação em: 04/12/2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i4.2649>