



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS
CÂMPUS INCONFIDENTES**



ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Inconfidentes/MG

2017

INFORMAÇÕES GERAIS

- **Membros:**

Nome	Instituição	Vinculo Institucional	email
Patrick Domingues Santos	PMMG	Aluno de Especialização	patrick.d.santos@gmail.com

Resumo

Título: Energia Fotovoltaica Residencial e Eficiência Energética

Título em uma Segunda Língua: Residential Photovoltaic Energy And Energy Efficiency

Autor: Patrick Domingues Santos, patrick.d.santos@gmail.com

Filiação Científica: Instituto Federal de Educação, Ciência E Tecnologia Do Sul De Minas Gerais- Câmpus Inconfidentes

Resumo

Com o advento de crises energéticas, aumento dos preços da energia, dependência de fontes energéticas poluidoras, bem como a necessidade de produção e importação de combustíveis fósseis para suprir as demandas do consumo energético, verifica-se a urgência da busca pela diversificação da matriz energética brasileira. O presente artigo tem por objetivo avaliar este cenário de mudanças e escolhas de formas energéticas que gerem o menor impacto ambiental e oriundas de fontes renováveis, com enfoque na energia fotovoltaica utilizada em residências, buscando verificar se esta fonte de energia caracteriza-se como uma alternativa viável para suprir e complementar a matriz energética brasileira. A análise do cenário da matriz e as formas energéticas alternativas foi realizado por meio do método

indutivo com estudos e dados governamentais, bem como de organizações internacionais, avaliando os incentivos concedidos para a implementação de redes, equipamentos e a normatização da energia fotovoltaica em residências, além da análise dos custos, do tempo para o retorno financeiro e os benefícios ecológicos com a adoção desta fonte energética. O atual artigo visa ainda fomentar a discussão sobre a viabilidade econômica e ambiental da implementação de microgeradores de energia fotovoltaicas em residências para combater os altos preços praticados e contribuir para a redução dos problemas da geração de energia do país. Os resultados foram a constatação da viabilidade econômica com retorno em médio e longo prazo, além de se esperar melhor qualidade de vida e garantia de meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações.

Palavras-chave

- Energia fotovoltaica; eficiência energética; custos; viabilidade.

Abstract

With the advent of energy crises, rising energy prices, dependence on polluting energy sources, as well as the need for production and import fossil fuels to meet the demands of energy consumption, pursuit of urgency to be verified by the diversification of the matrix Brazilian energy. This article aims to review this scenario changes and energetic forms of choices that generate the least environmental impact and derived from renewable sources, focusing on photovoltaic energy used in homes, seeking to verify that this energy source is characterized as an alternative feasible to meet and complement the Brazilian energy matrix. The matrix scenario analysis and alternative energy forms was carried out by the deductive method with government studies and data, as well as international organizations, evaluating the incentives granted for the implementation of networks, equipment and the standardization of photovoltaic energy in homes, as well as analysis of costs, time for financial returns and environmental benefits from the adoption of this energy source. The present article aims to foster discussion on the economic and environmental feasibility of the implementation of photovoltaic energy microgenerators in homes to combat high prices and contribute to reducing the problems of the country's power generation. The results were examining the economic feasibility with return in medium and long term, and expect better quality of life and ensuring an ecologically balanced environment for present and future generations.

Key Words

- Photovoltaic energy; energy efficiency; costs; viability.

1. Introdução

O conceito de energia alternativa caracteriza-se por uma Fonte Renovável de Energia (FRE) sustentável que pode ser obtida do meio ambiente natural. Sustentável, pois possibilita a reposição sem danos consideráveis ao meio ambiente e renovável por ser produzida de uma fonte inesgotável do ponto de vista natural, haja vista a incidência da irradiação solar que é renovada dia a dia e constante. O termo “fonte alternativa de energia” não deriva apenas de uma alternativa eficiente, ele é sinônimo de uma energia limpa, pura, não poluente, à princípio inesgotável e que pode ser encontrada em qualquer lugar pelo menos a maioria na natureza (SANTOS, 2008).

O Brasil possui atualmente a sua matriz energética predominantemente derivada do seu potencial hidroelétrico (energia gerada por usinas hidroelétricas em cursos d'água e represamento). A energia obtida pela hidroeletricidade corresponde a 77,4% do suprimento energético do país, sendo que a média mundial de utilização dessa fonte energética é de 16%, conforme dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2008 e IEA, 2008). Embora a energia hidroelétrica seja menos poluente que as fontes de energia fósseis e nucleares, nos últimos anos o país vivencia inúmeros problemas relacionados a escassez de água, o que obriga o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a complementar a oferta de energia elétrica com utilização de usinas termoelétricas, biomassa, eólica e nuclear (José Goldemberg, 2012 p.92).

Além da utilização do sistema hidroelétrico e outros não renováveis, existe um custo muito alto com os sistemas de produção e distribuição por redes de cabeamento que entrecortam o país. Desse modo, as áreas mais remotas e de zonas rurais, o custo de distribuição é muito caro e inviável, porém esses custos são repassados igualmente para os consumidores cujo custo de distribuição é menor. No país, existem áreas, como o Estado de Roraima e outras áreas da Amazônia que não possuem energia totalmente produzida no país, o que leva à necessidade de importação e dependência da especulação estrangeira.

Do ponto de vista ambiental, a utilização dessas matrizes energéticas não renováveis ocasiona impactos ambientais ainda maiores que os produzidos pela instalação de novas hidroelétricas. Do ponto de vista econômico, considerando o valor dos combustíveis fósseis derivados do petróleo, a inserção de termoelétricas veio a encarecer a oferta de energia para o consumidor final, principalmente o residencial, além de implantação de mecanismos de penalização pelo uso de energia nas contas, na tentativa de se reduzir o consumo individual. Desse modo, as contas de energia ficam mais caras, onerando o consumidor nos meses de estiagem, além de tributação diferenciada de ICMS o que resulta em pesada carga tributária sobre os consumidores, principalmente da classe média, haja vista que a classe C e D, possuem benefícios como a tarifa social atrelada a programas assistenciais do governo federal.

Diante desse problema da carestia da energia hidroelétrica, dos impactos ambientais de outras fontes energéticas, assim como os altos preços cobrados aos consumidores em especial, surge como possibilidade de solução a utilização de energia fotovoltaica em complementação e/ou substituição à energia consumida hodiernamente.

O presente artigo destaca a importância da utilização e produção da energia fotovoltaica nas residências e a necessidade de se diversificar a matriz energética do país visando à sustentabilidade. Esse trabalho tem por objetivo fomentar e sensibilizar a população para avaliação do potencial energético disponível na irradiação solar e discutir sobre a viabilidade econômica da complementação da matriz energética brasileira com fontes renováveis de energia.

Os motivos para a discussão sobre a implantação de energia fotovoltaica nas residências, nos comércios e nos órgãos públicos são a viabilidade econômica e a preservação do meio ambiente que a adoção desta fonte de energia poderá atribuir a matriz energética do país, além do retorno financeiro a médio e longo prazo para os consumidores residenciais.

Para tanto, o presente artigo buscou demonstrar a necessidade econômica e ambiental de se diversificar a matriz energética no Brasil com a utilização de Fontes Renováveis de Energia (FRE), principalmente a energia fotovoltaica, como uma solução viável para os problemas enfrentados na geração e custeio do Sistema Nacional Elétrico do Brasil.

As questões a serem resolvidas são os questionamentos básicos sobre: por qual motivo a energia fotovoltaica no Brasil é tão difícil de ser implementada em larga escala? Por que não existem políticas públicas de incentivo à implantação de energia solar? Qual o custo de implementação de micro-usinas residenciais de produção de energia fotovoltaica? Qual o retorno financeiro para o consumidor final da implementação com recursos próprios?

Outro questionamento que deve ser feito é em relação à vida útil dessas placas e baterias utilizadas na produção de Energia Fotovoltaica, esse passivo ambiental será tratado e suportado por quem? O consumidor ou o produtor do equipamento? Em se tratando de tecnologia importada como lidar com a logística reversa no caso de devolução desse material inservível para os países produtores, ou o Brasil iria arcar com esse custo ambiental?

O Brasil possui uma estrutura energética privilegiada se comparada à outros países, visto que o seu potencial hidroelétrico e as possibilidades para o uso da biomassa, da energia eólica e da energia solar são consideráveis. Dada sua localização geográfica, o país é particularmente privilegiado por ter níveis de irradiação solar superiores à maioria das nações desenvolvidas. Essa característica coloca o país em vantagem em relação aos países desenvolvidos, principalmente no que tange à utilização da energia fotovoltaica.

Buscou esse artigo verificar a viabilidade econômica de se implantar a geração de energia fotovoltaica em residências. Necessário destacar a importância da utilização e produção da energia fotovoltaica nas residências e a necessidade de se diversificar a matriz energética do país. Além da necessidade de fomentar e sensibilizar o público acadêmico para avaliação do potencial energético disponível na irradiação solar.

Buscou-se nesse artigo discutir sobre a viabilidade econômica da complementação da matriz energética brasileira com fontes renováveis de energia. E demonstrar a necessidade econômica e ambiental de se diversificar a matriz energética no Brasil com a utilização de Fontes Renováveis de Energia, precipuamente a energia fotovoltaica. Por derradeiro, procurou-se dissertar sobre o crescimento de novas fontes geradoras de energia, como alternativa eficaz e ecologicamente correta.

2. Discussão

A produção de energia elétrica a partir do sistema de captação de luz solar é um processo simples através do qual, células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável (Rüther, 2004). O Doutor e pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina Ricardo Rüther é um dos maiores ícones de pesquisa em Energia Fotovoltaica e em sua obra “Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil”, demonstra sobre a viabilidade econômica da produção de energia fotovoltaica nos edifícios do país e a possibilidade de aproveitamento da energia fotovoltaica excedente na rede elétrica convencional pública.

Ao se falar de aproveitamento de energia excedente produzida, cabe diferenciar os dois sistemas existentes de produção de energia fotovoltaica. Existe o sistema autônomo, quando a produção de energia elétrica fotovoltaica é armazenada de forma química em grandes baterias (acumuladores) e um conversor para a voltagem necessária ao uso. Existe também o sistema aberto ou interligado, cuja produção é convertida por aparelhos e o restante que não for utilizado pode ser descartado sendo injetado na rede elétrica convencional podendo ser utilizado por outros consumidores.

Salomoni (2009) demonstra quais as características de cada sistema fotovoltaico e após explicar como funciona o sistema autônomo, explica que os sistemas interligados à rede elétrica, por outro lado, dispensam o uso de acumuladores, pois atuam como usinas geradoras de energia elétrica em paralelo às grandes centrais geradoras. Podem ser integrados à edificação sobrepondo ou substituindo elementos de revestimento – e, portanto, próximos ao ponto de consumo, ou do tipo central FV, sendo esta tipicamente distante do ponto de consumo (Salomoni, 2009).

Conforme assevera Rüther (2004), do ponto de vista econômico os sistemas interligados são mais viáveis, em virtude dos altos preços das baterias e a manutenção posterior do sistema. Uma característica fundamental de sistemas fotovoltaicos instalados no meio urbano é principalmente a possibilidade de interligação à rede elétrica pública, dispensando assim os bancos de baterias necessários em sistemas do tipo autônomo e os elevados custos e manutenções decorrentes (Rüther, 2004).

O sistema interligado possibilita a venda de crédito de energia à empresa concessionária da rede pública de energia elétrica, pois é instalado um relógio bidirecional que injeta na rede elétrica a capacidade de produção energética excedente. O crédito dessa produção energética excedente é utilizado pela própria unidade consumidora em consumo de energia convencional nos momentos em que não há produção de energia fotovoltaica. A energia fotovoltaica é produzida somente durante o dia com os fótons solares, ficando inativo durante a noite (embora existam sistemas avançados que podem continuar a produção de energia mesmo à noite pelo fenômeno da reflexão lunar). Durante esse período o sistema integrado utiliza os créditos de sua produção diurna e utiliza em sistema reverso consumindo a energia elétrica da rede pública.

No Brasil, anteriormente não era possível receber créditos pela disponibilização à rede pública de energia pelo excedente produzido por produtores independentes. Dessa forma, houve a produção de um arcabouço jurídico que regulamentasse o sistema elétrico, com a criação da ANEEL e sua competência para normatizar por meio de resoluções a produção, distribuição, comercialização, permuta e tarifas. Somente com a edição da Resolução 112/ 1999, de 18 de maio de 1999, que houve o estabelecimento dos requisitos necessários à obtenção de registro ou autorização para a implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras de fontes alternativas de energia, incluindo as centrais geradoras fotovoltaicas.

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 define o Sistema de Compensação como um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade. Esse sistema é também conhecido pelo termo em inglês *net metering*. Nele, um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos, pequenas turbinas eólicas, ou microgeradores hidráulicos) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses. Há ainda a possibilidade de o consumidor

utilizar esses créditos em outra unidade (desde que as duas unidades consumidoras estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular).

Além da regulamentação da ANEEL, houve a necessidade de se estabelecer parâmetros técnicos para elaborar os equipamentos e as normas técnicas com suas especificações para utilização da energia fotovoltaica e sua interligação à rede elétrica, com objetivo de se proporcionar segurança e confiabilidade na permuta de energia e disponibilização de créditos. Dessa forma, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Comissão de Estudos CE-82.1 (Sistemas de Conversão Fotovoltaica de Energia Solar) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (COBEI) ficou incumbida de elaborar normas técnicas referentes aos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Dessa comissão surgiu entre outras normas a ABNT NBR 5410, que normatiza as instalações elétricas de baixa tensão e regulamenta a instalação de sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações urbanas e interligados à rede elétrica.

Segundo Rüther (2004), ao discorrer sobre os materiais que podem ser utilizados na produção de células fotovoltaica, informa que pode ser utilizado o silício cristalino (c-Si); o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H ou simplesmente a-Si); o telureto de cádmio (CdTe) e os compostos relacionados ao disseleneto de cobre (gálio) e índio (CuInSe₂ ou CIS e Cu(InGa)Se₂ ou CIGS). E prevê ainda que além desses, existem materiais altamente tóxicos (Cd, Se, Te), ou muito raros (Te, Se, Ga, In, Cd). Desse modo, economicamente viável e ambientalmente manejável para a produção de células de painéis solares deve-se optar pela utilização do silício. Hammond (1992) e Shah (1992), alegam que o silício, é o segundo elemento mais abundante na superfície de nosso planeta (mais de 25 % da crosta terrestre é silício e é 100 vezes menos tóxico que qualquer um dos outros elementos).

Salomoni (2009) ao descrever que a energia fotovoltaica se enquadra entre as Fontes Renováveis de Energia - FRE informa que há uma necessidade estratégica de um país diversificar sua matriz elétrica geradora para não depender de uma única fonte de energia, ou concentrar grande parte em algumas somente.

As FRE devem ser analisadas sob um critério de complementação e não de substituição às fontes convencionais. Ou seja, de modo estratégico, elas devem estar entrelaçadas, tentando atender, além do equilíbrio ambiental, a segurança no abastecimento de energia (Salomoni, 2009).

Dentre as consequências de não se diversificar as fontes energéticas está a dependência de fatores climáticos, dependência da produção, necessidade de importação de energia, poluição ambiental em larga escala. Por questões de aumento na demanda de consumo, podem ocorrer, como no ano 2001 no Brasil, o racionamento (apagão) energético o que resultou na retração da economia, aumento da inflação, aumento dos preços e dos tributos. Em virtude da dependência do sistema brasileiro das fontes hidroelétricas a incoerência ou mudança de chuvas acarreta a baixa acumulação nos reservatórios e por sua vez diminuição da oferta de energia.

Ocorreu em virtude da escassez de água (a partir de 2013) a utilização de energia proveniente de termoelétricas cujo custo de produção por kWA é muito superior às hidrelétricas, além da queima de combustíveis fósseis como carvão e petróleo, o que provoca um impacto ambiental e econômico muito maior que a energia produzida pelas hidroelétricas, pois há a liberação de gases do efeito estufa, além do alto custo dos combustíveis fósseis, que vem a onerar o consumidor final. O aumento dos custos gera uma reação em cadeia que aumenta o preço dos produtos básicos o que resulta em altos índices de inflação, chegando em 2014 à porcentagem de 6,41% 2015 e em 10,67%, conforme dados do IPCA¹. A utilização de combustíveis fósseis tais como diesel e carvão ocasionaram também a elevação de preços em virtude do aumento da demanda.

Os pesquisadores Krauter e Kissel (2005) informam que um longo período de baixos investimentos em capacidade de geração, que iniciou com a privatização parcial do setor elétrico, foi seguido pela maximização do uso das capacidades existentes e um período relativamente seco, que deixou as usinas hidroelétricas muito abaixo das suas capacidades nominais de geração.

Por outro lado, não há incentivo estatal para a implementação de sistemas fotovoltaicos em residências. Na obra de Zilles e Oliveira (2001), assevera que no Brasil, o uso desta tecnologia de forma integrada à edificação urbana e conectada à rede elétrica ainda é bastante reduzido, havendo até o momento somente algumas aplicações desta modalidade, na sua maioria em campus universitários. Não há incentivos fiscais e financeiros para o consumidor residencial instalar uma usina de

¹ Índice de Preços do Consumidor Amplo, disponível em <http://www.valor.com.br/valor-data/tabela/5800/inflacao>

microgeração de energia fotovoltaica. Não há também nenhuma linha de crédito específica para financiamento da energia fotovoltaica ao pequeno consumidor.

Após a crise do petróleo de 1970 e a crise energética de 2001 foram criadas políticas públicas de incentivo à produção de energia para os grandes investidores, com vistas a diversificar o parque elétrico brasileiro dentre essas políticas pode ser citado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) (Salomoni, 2009)

Os altos custos envolvidos na implantação dos sistemas FV, aliados ao desconhecimento das vantagens e do potencial dessa FRE, bem como a falsa percepção de que a geração FV somente é interessante para aplicações de pequena escala, são fatores que explicam o porquê da não exploração dessa forma de geração num país tropical e com altos níveis de irradiação solar (Salomoni, 2009).

Do ponto de vista econômico a produção de energia fotovoltaica, conforme a Resolução 112 da ANEEL, até o 5.000 kWp² poderia ser comercializada no Ambiente de Contratação Livre (ACL), porém dado aos altos custos dessa energia no varejo em relação ao volume de produção do sistema hidroelétrico, não há atrativo para os pequenos compradores, pois não estão dispostos a pagar valor diferenciado pela energia fotovoltaica. Na tentativa de solução para essa falta de consumidores interessados na implementação de sistemas de energia fotovoltaica residencial, foi expedida a Resolução nº 112/1999 que possibilita a incorporação do excedente produzido em unidades pequenas (residenciais) na rede elétrica das concessionárias de energia.

Entretanto, somente com a edição da Resolução nº 482/2012 que regulou o pagamento de créditos que podem ser trocados por energia elétrica quando o sistema fotovoltaico estiver inativo, podendo se utilizados os créditos em outras unidades consumidoras em locais diversos. Entretanto, não há previsão de pagamento em dinheiro pelo valor remanescente da diferença entre o excedente e o

² **Watt-pico** (Wp) é uma medida de potência energética, normalmente associada com células fotovoltaicas. As unidades mais correntemente usadas são os múltiplos do Wp, como o kWp ou o MWp. Dado que as condições de produção de energia elétrica dependem bastante de fatores externos à célula, o valor da potência dado em Wp é um valor obtido em condições ideais específicas. Assim, o valor de Wp de um determinado sistema fotovoltaico que funcione em corrente contínua é a potência medida, quando este sistema é irradiado por uma luz que simula a luz solar com a potência de 1000 W/m², à temperatura de 25°C. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Watt-pico>

valor consumido quando a estação geradora estiver inativa. Assim, se a unidade consumidora residencial produz, por exemplo, 224 kWh³ e consumiu 188 kWh, essa diferença de crédito que foi para a rede elétrica pública de sobra de 36 kWh não é paga em dinheiro e conforme a Resolução nr 482/2012 é transformado em um saldo positivo que poderá ser acumulado pelo período de até 36 meses.

Ao fazer uma análise comparativa da viabilidade financeira e ambiental, Cabral e Vieira (2012) salientam que a energia fotovoltaica é alternativa ambiental para expansão de energia em áreas isoladas e rurais no Brasil, pois é necessário atender a crescente demanda energética e expandir o acesso à energia em locais onde a implantação da rede elétrica convencional é técnica e economicamente inviável.

3. Materiais e métodos

O presente artigo utilizou-se do método científico indutivo para analisar a viabilidade econômica e ambiental da implantação e micro e minigeradores de energia fotovoltaica.

Para analisar a viabilidade financeira foi averiguada a quantidade mensal de consumo medido em kWh em uma residência de consumo mediano. Foram verificados quais os equipamentos e quantidades de placas fotovoltaicas necessárias para produzir o equivalente necessário de uma residência de baixa renda. O valor dos equipamentos da microunidade, assim como o preço do kWh praticado no mercado energético foram analisados para verificar o tempo necessário para o retorno financeiro do valor inicial aplicado.

Conforme a Resolução da Nº 485, de 29 de agosto de 2002 da ANEEL – uma subclasse Residencial Baixa Renda possui um consumo mensal entre 80 e 220 kWh. A maioria dos consumidores residenciais consomem até 220 kWh, mesmo não sendo de baixa renda, conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE - – *Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica*. Ano V. Número 57 – Maio de 2012. A taxa de consumo médio por residência é de 153,9 kWh/mês em 2010 e a

³ O watt-hora (Wh) é a unidade normalmente utilizada para medição de energia elétrica. Um Wh é a quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de 1 watt (W) pelo período de uma hora

previsão é de aumento para 191 kWh/mês até 2020, conforme prognósticos da EPE citados por Isabelle Cabral e Rafael Vieira (2012).

Para a implementação de um sistema fotovoltaico autônomo (com uso de baterias) são necessários os seguintes equipamentos que trabalham em kit: painéis de células fotovoltaicas 130 W; Controlador de carga solar 10A (12 V), Bateria estacionária de 26 Ah/30 Ah; Inversor de Energia de 400 W com Porta USB– 12 V/127 V.

Uma placa fotovoltaica de 130 W produz por dia 650 W durante 30 dias produzirá 19500 W, para transformar em kWh divide-se por 1000, sendo, portanto, responsável por produzir 19,5 kWh por cada placa/mês. Dessa forma, uma residência que consome 220 kWh teria a necessidade de possuir para microgeração de energia o equivalente de 12 kits de placas fotovoltaicas, gerando um total de 243 kWh, portanto gerando um excedente de 23 kWh que poderão gerar créditos para o consumo posterior.

Conforme foi apresentado por Cabral e Vieira (2012) o preço médio dos Kits de placas voltaicas é de R\$ 1.434,00 por unidade.

Equipamentos	Custo
Painel Solar World 130 W	R\$ 827,00
Controlador de carga solar 10A (12 V) Unitron	R\$ 179,00
Bateria estacionária Bosch P5 030 26 Ah/30 Ah	R\$ 189,00
Inversor de Energia de 400 W com Porta USB Black & Decker BDI400 – 12 V/127 V	R\$ 239,00
Total	R\$ 1.434,00

Tabela produzida por Isabelle Cabral e Rafael Vieira com custos informados pelo site <http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br>

No caso em tela, para suprir a necessidade de uma residência brasileira média (220 kWh) seria necessário 12 kits de placas voltaicas o que corresponde à R\$ 30.114,00.

Foi realizada pesquisa de tarifas da ANEEL para se tomar como parâmetro os valores gastos com o valor do kWh no Brasil, sendo constatada enorme variação de concessionárias, conforme se verifica do gráfico abaixo:

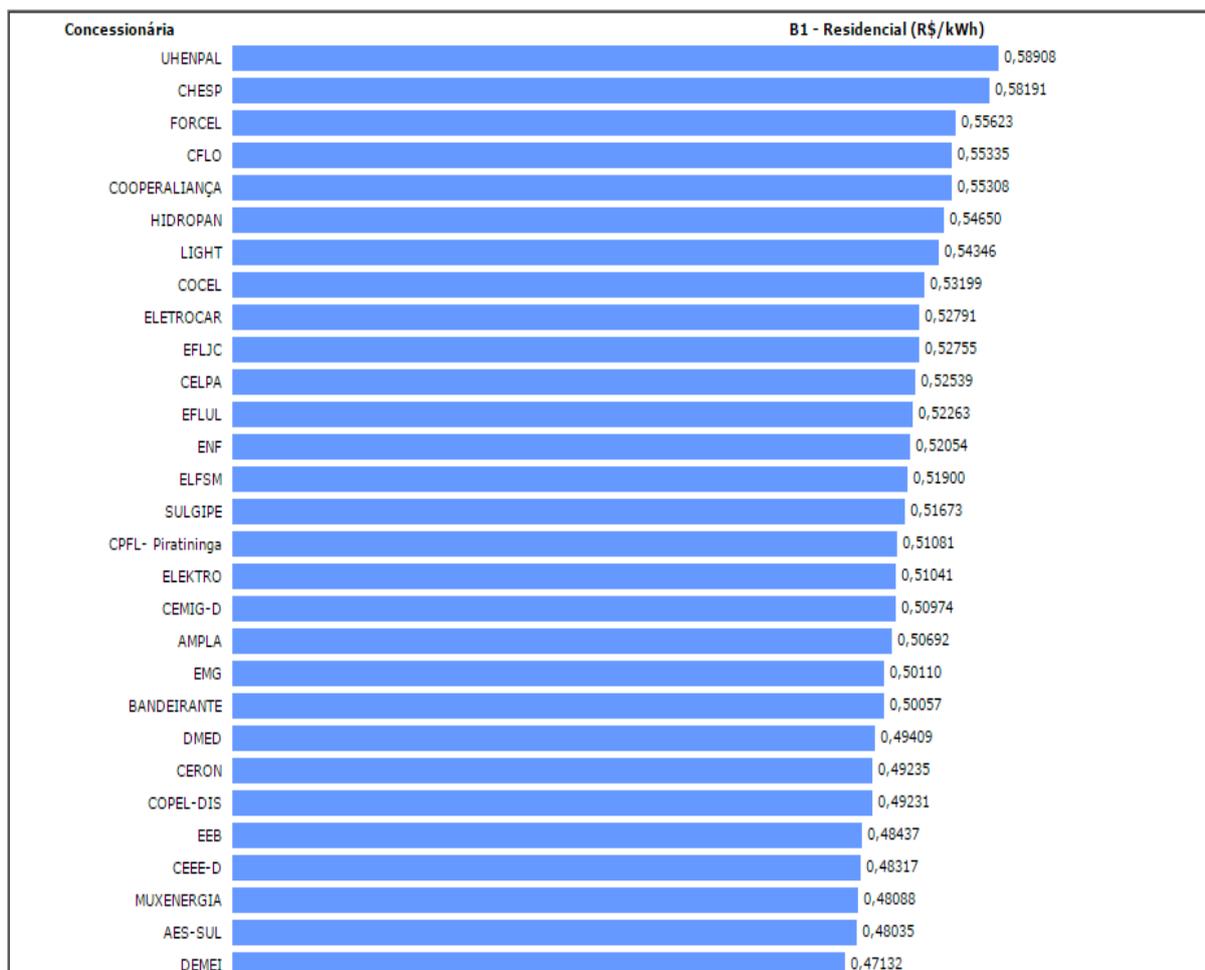


Gráfico Tarifas Residenciais Vigentes. Fonte: ANEEL.

Disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>

Ao analisar o valor real do kWh praticado pela concessionária de energia CEMIG em Minas Gerais em dezembro de 2015, verifica-se que o valor com tributos é de R\$ 0,856 (R\$ 0,554 sem tributos) multiplicados pelo indicador médio de 220kWh equivale ao valor de R\$ 188,32 (com tributos) e 121,88 (sem tributos). Há que se ressaltar que o valor médio do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) possui alíquota de 30% ainda incidem o valor do PASEP⁴ de

⁴ PIS/PASEP - Programa de Integração Social / Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

R\$ 1,78 e COFINS⁵ de R\$ 8,20, além disso, incide também o tributo municipal de Contribuição para Custeio de Iluminação Pública no valor de R\$ 33,68.

Além desses valores do kWh e dos tributos existe ainda o valor referente ao Adicional de Bandeiras no valor de R\$ 15,54. Esse valor refere-se ao valor cobrado à mais dos consumidores para penalizá-lo em virtude de ineficiência do Estado na produção da energia. Ou seja, em virtude de fatores alheios à vontade do consumidor, tais como falta de chuvas para produção de energia, e aumento do preço dos combustíveis fósseis, e a falta de investimento estatal em fontes energéticas mais baratas, este consumidor é obrigado a pagar uma conta mais cara para externalizar os custos do Estado que não fez um planejamento energético adequado. Esse sistema de adicional de bandeiras tarifárias foi regulamentado pela Resolução Normativa nº 547, de 16 de abril de 2013 da ANEEL. Conforme dados da ANEEL:

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha - as mesmas cores dos semáforos – a e indicam o seguinte:

- *Bandeira verde*: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- *Bandeira amarela*: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- *Bandeira vermelha*: condições mais custosas de geração. A tarifa sobre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Dessa forma, para se achar a quantidade de meses necessários para obter retorno financeiro pelo investimento de R\$ 30.114,00 deve-se abstrair os valores de tributos estaduais, municipais e federais utilizando como fator de divisão a base de cálculo de R\$ 188,32 seria necessário 159 meses para reposição do valor investido, ou seja, aproximadamente 13 anos.

Entretanto, mensalmente gera-se um excedente de 23kWh (que podem ser abatidos em créditos) o equivalente de R\$ 19,69 somados ao valor de R\$ 188,32

⁵ **COFINS** - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) – Tributos cobrados pelo Governo Federal sobre a receita bruta das empresas, incluídos nos valores das tarifas homologadas até 30 de junho de 2005

resulta na base de cálculo de 208,01. Desse modo, seriam necessários aproximadamente 144 meses para reposição do valor investido, ou seja, aproximadamente 12 anos.

Por outro lado, existe um site na internet chamado www.portalsolar.com.br que disponibiliza interligações com várias empresas que fazem orçamentos de acordo com o consumo da unidade residencial. Desse modo, foi realizado orçamento de sistema fotovoltaico interligado, esse orçamento foi solicitado ao portal Solar e foi direcionado para atendimento da empresa EKOLIGAS, e foram passados os seguintes valores:

VALORES ATUAIS		204	KW/h/M	R\$179,35	
DADOS COBRANCA / ENTREGA		Sr. Patrick Domingues			
ENTREGA	3 DDL				
COND.PAG.	50% Entrada e 50% Posterior(Parcelas negociaveis)				
CODIGO	DESCRIÇÃO	FOTO	QT D	PREÇO	V. TOTAL
EKOPV250	Painel PV Cert.Inmetro Poli 250 W/H		6	R\$950,00	R\$5.700,00
EKOINV1500	Inversor Inmetro de 1500 W/H		1	R\$2.340,00	R\$2.340,00
EKOESTRUT UNI V001	Estr. Uni. Medium com sup.para telhados inclinados com telhas de ceramica ou barro		3	R\$450,00	R\$1.350,00
EKOINSTALA 00 1	Instalação Paineis/Inversor		6	R\$150,00	R\$900,00
EKOPROJHO M0 01	Proj. Elétrico, Diagramas, Mem. Calculo, ART e Hom. na concessionária		1	R\$4.500,00	R\$4.500,00
EKOCABOCO NE CMC4001	Cabos 16mm com terminais MC4		30	R\$15,00	R\$450,00

TOTAL		R\$15.240,00
Garantias	Serviço: 1 ano Inversor: 5 Anos Modulos PV: 15 anos	
FRETE POR CONTA (<input type="checkbox"/> CIF/ <input type="checkbox"/> FOB)	DATA DA ENTREGA:	
FOB	3 DDL	
DADOS DA TRANSPORTADORA	Pay-Back (Retorno Financeiro)	
EKOLIGAS	7,1	Anos
DADOS COMPRADOR	ASSINATURA(CARIMBO CNPJ/ No CPF)	
Sr. Patrick Domingues		

Nessa empresa, foi utilizado como parâmetro 204 kWh, cujo painel teria capacidade de 250 W, com capacidade instalada de 1,50 KWp, sendo necessário apenas 6 painéis, foi inserido o valor dos projetos elétricos, cálculos, instalação tendo o valor final da unidade microgeradora saído pelo valor de R\$15.240,00, considerando a base de cálculo utilizada pela empresa de custo mensal de energia de R\$ 179,35 o retorno financeiro se daria após 7,1 anos.

Foi constatado que embora a vida útil do sistema de energia fotovoltaica possa durar aproximadamente de 20 a 30 anos, após esse período é necessário trocar as placas. Segundo o site PainelSolares.com.br (2016) a fabricação de uma placa solar fotovoltaica gasta uma quantidade de energia muito alta se comparada ao potencial de geração de energia da peça. A placa solar vai levar anos pra se compensar energeticamente. Segundo porque a fabricação de **placas solares** usam compostos químicos tóxicos, como o arseniato de gálio, um composto semicondutor à base de arsênio, por isso, extremamente tóxico ao ser humano.

Antes disso, por volta de 5 a 10 anos deve-se substituir as baterias no sistema autônomo. O problema é que as baterias, em sua maioria, são feitas de chumbo e/ou outros metais pesados, que podem acabar contaminando o meio ambiente. O descarte inadequado dessas baterias no meio ambiente poderia causar um desastre ambiental gravíssimo e por em risco à saúde de muitas pessoas –

motivo pelo qual a energia nuclear costuma ser criticada (Site www.painelsolares.com.br).

Ainda não existe no Brasil, consenso no que tange ao que se fazer com o resíduo desses materiais utilizados para produção de energia fotovoltaica. Considerando que o Brasil não é produtor das placas, o ideal seria o envio dessas placas ao país produtor para desconstituição e reciclagem, entretanto, por questões de soberania dos países não há mecanismos legais na ordem internacional que obrigue o país produtor a reciclar esses materiais e ficar com o passivo ambiental.

4. Resultados

Ao analisar os valores do sistema autônomo (R\$ 30.114,00) e do sistema interligado (R\$15.240,00) ambos são onerosos do ponto de vista financeiro para a maioria dos consumidores de classe média. Entretanto, ao analisar o retorno financeiro em razão do tempo, verifica-se que o sistema autônomo demora maior tempo para o Pay-Back (retorno), ou seja, aproximadamente de 12 a 13 anos para retorno. Por outro lado, o sistema interligado possibilita o retorno financeiro em aproximadamente 7,1 anos.

Economicamente, em médio prazo seria mais viável o sistema interligado, entretanto continua-se a depender do sistema elétrico convencional e não existe ainda o sistema de compensação financeira pelo crédito não utilizado, que existe em outros países. Em ambos os sistemas fotovoltaicos não foi levado em consideração o valor do adicional de bandeira tarifária que pode chegar a razão de R\$ 4,50 por 100 kWh (ou suas frações). Se for contabilizado esse valor que será economizado o prazo de retorno será ainda menor e economicamente vantajoso.

Ao analisar a viabilidade ambiental, verifica-se que conforme dados da Ekoligas será possível mensurar as Emissões de CO₂ evitadas de 486 kg/a (quilograma por ano). Conforme relatório de Pedro Sampaio Nunes (2011) a emissão específica de CO₂ da energia eólica em ciclo de vida completo é de cerca de 100 g/kWh (valor intermédio entre os gráficos do IPCC e da Siemens), ou seja, a produção de 1 kWh de energia fotovoltaica evita 254g de CO₂ equivalente. Dessa forma, existe viabilidade ecológica e ambiental na implementação de microgeradores residenciais de energia fotovoltaica. A falta de políticas públicas de incentivos para a produção em larga escala de energia fotovoltaica inviabilizou a inserção desta fonte de energia na matriz energética brasileira. Verifica-se que mesmo sendo uma Fonte

Renovável de Energia, em virtude de falta de tecnologia brasileira para produção dos equipamentos existem empresas e universidades que incentivam a produção de energia fotovoltaica. Constatou-se que na tentativa de se promover um incentivo à produção de energias limpas, foram editadas as Resoluções da ANEEL nr 112/1999 e nr 482/2012 que possibilitaram a produção de micro e minigeradores de energia e sua absorção pelo Sistema Interligado Nacional – SIN, verificou-se que o excedente da produção fotovoltaica pode ser interligado e o consumidor pode receber crédito de energia produzida para ser permutado pelo consumo em caso de inatividade do seu sistema microgerador. Entretanto, constatou-se também que não há pagamento em dinheiro pelo excedente produzido, tornando o sistema pouco atrativo para o pequeno produtor.

Foi verificado também que esse excedente, poderia ser comercializado entre os consumidores, todavia existe uma incompatibilidade do consumidor não produtor que não está habituado e nem é incentivado a comprar tal energia em virtude de ser mais cara.

Foi realizada análise financeira dos valores para implementação dos dois tipos de sistemas fotovoltaicos: o sistema autônomo (uso de baterias) e o sistema interligado (com relógio bidirecional que possibilita injetar o excedente e compensar pelo uso na falta da produção energética própria). Dessa análise, foi constatado que à longo prazo o sistema autônomo é economicamente viável, por se considerar que não se gastará mais energia da rede pública, porém o prazo de retorno é maior. Por outro lado, foi constatado também que em médio prazo o sistema interligado, possibilita retorno financeiro do valor aplicado, haja vista que não se incidirá a pesada carga tributária e os excedentes poderão ser trocados pelo consumo na própria residência e/ou nas residências do mesmo titular.

Por derradeiro, foi pesquisada a viabilidade ambiental da montagem e produção dos sistemas fotovoltaicos, sendo constatado que por ser uma fonte renovável de energia, sua produção é limpa, ecologicamente manejável e ainda possibilita a redução da emissão de CO₂, e evita a emissão de aproximadamente 486 kg/a. Entretanto, surge uma lacuna a ser resolvida no que tange ao descarte das placas inservíveis, não há mecanismos legais que obriguem o país produtor a realizar a logística reversa e esses custos atualmente são suportados pelo consumidor e pelo Estado Brasileiro.

5. Conclusão

Diante do exposto, mesmo não havendo linhas de crédito para financiamento da implantação da energia fotovoltaica nas residências, o custo-benefício é compensado pelo retorno financeiro, pela não dependência do sistema elétrico, economia no pagamento de pesados tributos, evita-se o pagamento de adicional de bandeiras tarifárias. Além de possibilitar, conforto e a garantia de um ambiente ecologicamente equilibrado para as próximas gerações.

6. Referências bibliográficas

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Perguntas e respostas sobre aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012.** disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/faq_482_18-12-2012.pdf

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras Tarifárias,** disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Residenciais Vigentes.** Fonte: ANEEL. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>

CABRAL, I. VIEIRA, R. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente.** 2012

EKOLIGAS. **Ekoligas Comércio, representação e Serviços** LTDA, CNPJ: 21486697000122. Orçamento realizado em 15/04/2015, por email. Disponível em www.portalsolar.com.br

GOLDEMBERG, J.- 2012, **Termoeletricidade e a energia nuclear no país.** Disponível em: <http://www.iee.usp.br/sites/default/files/biblioteca/producao/2012/Livros/goldembergtermoeletricidade.pdf>

IEA – International Energy Agency, 2009. Disponível em: <http://www.iea.org/>

MME – Ministério das Minas de Energia. **Balanço Energético Nacional (BEN)**, 2008. Disponível em: <http://www.mme.org.br/>

MME – Ministério das Minas de Energia. **Plano Nacional de Energia Elétrica 2030**, 2007. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_1.pdf

NUNES, P. S. **A promoção e captação de investimento estrangeiro, a internacionalização da economia portuguesa e a cooperação para o desenvolvimento**. Lisboa, 5 de Agosto de 2011, disponível em <http://www.iict.pt/GTleD/arquivo/ENERGIA/ENERGIA-sbm001.pdf>

PAINEL SOLARES. Disponível em: <http://painelsolares.com/desvantagens-das-placas-solares/>

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

SALOMONI, I. T. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica**. Florianópolis 2009. UFSC disponível em <http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0621-T.pdf>

SANTOS, M. G. R. S. MOTHÉ, C. G. **Fontes Alternativas de Energia**. Revista Analytica. Nº 32. Dezembro 2007/Janeiro 2008.

ZILLES, R.; OLIVEIRA, F. H. S. **6,3kWp Photovoltaic Building Integration at São Paulo University**. In: **17th European Photovoltaic Solar Energy Conference**. Munique, Alemanha, 2001.