

# CONSIDERAÇÕES SOBRE VIABILIDADE DE USINA FOTOVOLTAICAS NO BRASIL E POSSIBILIDADE DE INTEGRAÇÃO A USINAS DE GERADORES CONVENCIONAIS

**SILVA, Renata**  
[renluti@yahoo.com.br](mailto:renluti@yahoo.com.br)  
Faculdades Oswaldo Cruz

**RESUMO:** *Conforme o Ministério de Minas e Energia, a previsão do consumo de energia para 2030 é de 1.250 TWh/ano e mesmo aumentando o potencial de geração hidrelétrica para 80%, existem riscos de não atendimento à demanda. Dentro do cenário do aumento de geração de energia por outras fontes descentralizadas e limpas e considerando os planos de incentivo do governo como as Resoluções Normativas RN 481 e RN 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica, a energia fotovoltaica está ganhando espaço principalmente para grandes grupos de investidores. Na região Norte do país, projetos de usinas mistas, que usam o sistema de geração de energia convencional, como combustível, o óleo pesado, integradas a uma fonte de energia limpa como a solar ou eólica, estão em construção. Os empreendedores, atendendo à regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica para projetos de Pesquisa e Desenvolvimento do setor, projetam usinas fotovoltaicas com intuito de analisarem a interação com a rede de distribuição quanto à estabilidade, geração de harmônicos e perenidade. Uma melhor avaliação da viabilidade econômica será fruto de análise destes estudos para a participação mais realista em futuros leilões do governo. A interação entre um site de geração poluidor e um site de geração sustentável reflete possivelmente o futuro de geração de energia do País proporcionando disponibilidade, menores impactos ao meio ambiente e custos justos aos consumidores.*

**Palavras-chave:** *Geração. Atendimento à demanda. Meio ambiente. Viabilidade.*

**Abstract:** *In accordance with Ministry of Mines and Energy, energy consumption forecast for 2030 is 1.250 TW/year and, even if increasing hydroelectric generation potential to 80%, there are risks of not meeting the demand. In the scenario of increasing energy generation thru another decentralized and clean source and considering government incentive plans like Normative Resolutions RN 481 and RN482 of Electric Energy National Agency, photovoltaic energy is gaining space mainly for large investors groups. On country north region, projects of mixed plants, using conventional energy generation systems, having as fuel heavy oil, integrated to a clean energy source as solar or eolic, are under construction. Entrepreneurs, meeting Electric Energy National Agency regulation for Development and Research projects, project photovoltaic plants in order to analyze interaction with distribution network as for stability, harmonic generation and continuity. Better economic viability evaluation will be fruit of the analyses of these studies for a more realistic participation on future government auctions. Interaction between a polluter generation site and a sustainable generation site reflects possibly the energy generation future of the country, providing availability, lower environmental impacts and fair costs to consumers.*

**Keywords:** *Generation. Demand meetin., Environment. Viability.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Pode-se considerar o potencial da geração de energia solar por meio de dois números, conforme Associação Brasileira de Indústrias Elétricas e Eletrônicas (2012): a energia da radiação solar que atinge a atmosfera a cada ano  $1,52 \times 10^{18}$  kWh e pelo consumo primário anual de energia no mundo em 2010 que foi de  $1,40 \times 10^{14}$  kWh, conforme dados da *Statistic Review of World Energy* de 2011. Isto significa que: um aproveitamento de apenas 0,01% da radiação solar seria suficiente para suprir toda a demanda energética mundial. Ou seja, uma hora de energia solar incidente sobre o planeta equivale ao consumo energético mundial. Com esses dados pode-se justificar a necessidade de estudos técnicos para o aproveitamento máximo de uma fonte de energia totalmente renovável.

O Brasil apresenta um potencial de energia solar superior à da maioria dos países europeus. Essa vantagem, aliada a uma projeção de alto risco no atendimento à demanda por usinas hidrelétricas, prevista pelo Ministério de Minas e Energia para 2030, viabilizará a ampliação do nosso parque gerador de energias renováveis, incluindo a solar.

Para essa ampliação serão necessários incentivos e diplomas legais, criando uma política que favoreça desde o pequeno gerador até os grandes investidores, incentivando a cadeia produtiva do sistema fotovoltaico como um primeiro passo para a consolidação futura desta fonte de energia, hoje considerada alternativa, permitindo uma competição justa com outras fontes de energia.

Considerando a matriz energética brasileira, o potencial de geração de energia solar, os marcos regulatórios e os incentivos fiscais, pode-se analisar a viabilidade técnica e econômica de uma usina fotovoltaica integrada com uma usina de geração de energia convencional, que utiliza óleo pesado, fornecendo subsídios para apresentar, com mais argumentos e confiança, um futuro cenário da geração distribuída no País.

## **2 A CAPACIDADE SOLAR DO BRASIL E A DEMANDA DE ENERGIA**

Geograficamente, o Brasil possui uma irradiação média anual que varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m<sup>2</sup>.ano, valores superiores aos intervalos encontrados em países como Alemanha, 900 e 1.250 kWh/m<sup>2</sup>.ano, França, 1.200 e 1.650 kWh/m<sup>2</sup>.ano e Espanha, 1.200 e 1.850 kWh/m<sup>2</sup>.ano, conforme a Empresa de Pesquisa Energética. O Plano Decenal de Energia 2023, ainda em consulta pública, prevê que a capacidade instalada da energia solar no Brasil saia do zero para 3,5 mil MW, de um total de 195 mil MW instalados de diversas fontes. No documento são indicadas, a partir de 2017, usinas solares fotovoltaicas centralizadas, servindo como indicador positivo para a geração solar.

Conforme o Ministério de Minas e Energia, a fonte de geração hidrelétrica é, para o Brasil, uma grande vantagem competitiva. Entretanto, a previsão do consumo de energia elétrica até 2030 será de aproximadamente 1.250 TWh/ano, consumo superior a capacidade hidráulica mesmo adicionados os 80% (oitenta por cento).

## **3 BRASIL E A PRODUÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

Os componentes da cadeia produtiva do sistema de geração de energia fotovoltaica, incluindo sistemas eletrônicos, conversores, inversores, módulos e outros, não são fabricados no Brasil. O grande vilão no custo de implantação é o módulo fotovoltaico, ainda importado, apesar de o País possuir grande parte das reservas mundiais de silício.

Com relação à redução de custos, através do favorecimento da produção nacional, segundo Landeira (2013), a Empresa de Pesquisa Energética recomenda que os painéis fotovoltaicos pudessem ser isentos de quaisquer impostos enquanto os inversores mantiveriam sua carga tributária inalterada. A coerência da proposta se verifica através da constatação que seria muito difícil à futura indústria nacional de módulos competir com a escala, qualidade e preços de empresas chinesas. No que diz respeito aos inversores, já existem empresas pesquisando soluções e adaptações de seus produtos de uso industrial para a aplicação solar. Desta forma, a manutenção dos impostos de importação faria com que esses fabricantes nacionais se mantivessem protegidos da competição externa.

Com as vantagens inerentes ao Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, a conjuntura econômica de excesso de oferta de equipamentos no mercado internacional conjugada ao marco regulatório, muitas oportunidades começaram a surgir no Brasil, despertando assim o interesse de grandes empresas internacionais do ramo.

Adicionalmente pode-se levar em consideração as estimativas de empregos gerados por MW instalados. Considerando todas as fontes de geração de energia, a solar fotovoltaica, pode gerar até 80 empregos por MW instalado, perdendo somente para a geração através da biomassa que pode ultrapassar 100 empregos por MW. (MOANA; SILVA, 2012). A maior parte dos empregos é gerada na área de serviços (instalação) visto que há automação no processo de fabricação dos módulos. As regiões brasileiras com maior potencial de geração solar são as mais deficientes, possuindo baixo índice de empregos. Como são candidatas para a construção de um grande número de usinas, a capacitação local e a geração de empregos ajudariam no desenvolvimento dessas regiões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

#### **4 O MARCO REGULATÓRIO**

Estímulos foram apresentados para que a energia fotovoltaica se desenvolva no contexto da geração distribuída, conforme o Ministério de Minas e Energia (2014). O real benefício destas medidas depende da tarifa de energia ao consumidor final e do custo de produção/aquisição do painel fotovoltaico, tornando-as vantajosas ou não. Especificamente, duas Resoluções Normativas (RN) da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel foram publicadas nesse sentido. A RN 482, que possibilita o sistema de compensação e a RN 481, que dá benefícios de conexão com painéis solares. Desde 2013 permitiu-se o cadastramento de projetos de energia solar para participar de Leilões de geração centralizada.

Conforme Landeira (2013), embora a conjuntura externa favorecesse a implantação da tecnologia fotovoltaica em solo brasileiro desde antes de abril de 2012, não havia respaldo legal para instalação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. A criação e promoção de mecanismos de fornecimento para Geração Distribuída e especificamente para fontes solar fotovoltaica aconteceram com a publicação das citadas normativas: RN Aneel 481/2012 – que estipula o desconto de 80% na tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (RUST) e na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição para usinas de fonte solar com potência injetada menor que 30 MW e RN Aneel 482/2012 – que estabelece condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Seus objetivos são diminuir as barreiras regulatórias existentes para conexão de geradores de pequeno porte através de fontes de energia incentivadas, bem como introduzir o sistema de compensação líquida (*net-metering*), além de promover as alterações necessárias nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012 define compensação de energia elétrica:

“Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, 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 da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda”.

A Lei nº 20.824, de 31 de Julho de 2013 define:

“Pelo prazo de cinco anos, contado da data de início da geração de energia, a base de cálculo do imposto, relativamente às operações do microgerador e do minigerador de energia elétrica participantes do sistema de compensação de energia elétrica, de que trata a Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel -, será reduzida, de forma que corresponda à diferença positiva entre a entrada de energia elétrica fornecida pela empresa distribuidora e a saída de energia elétrica com destino à empresa distribuidora”.

Através da regulamentação do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento pela Agência Nacional de Energia Elétrica, que exige anualmente a aplicação anual de um percentual mínimo de receita líquida de permissionárias ou autorizadas de distribuição, transmissão e geração de energia em projetos de pesquisa e desenvolvimento, muitos empreendedores apostam nos projetos de usinas fotovoltaicas.

## **5 ENERGIA LIMPA X ENERGIA POLUIDORA**

Como exemplo, uma usina fotovoltaica pode ser implementada de forma modular com conjuntos de menos de 1000 módulos solares que ocupam uma área de aproximadamente 2000 m<sup>2</sup> e proporcionam uma produção em torno de 1 MWh/dia. A agressão ao meio ambiente se restringe à ocupação do próprio solo.

As usinas térmicas baseadas em moto geradores, que utilizam o óleo combustível B1 (OCB1), lançam à atmosfera material particulado, óxido de nitrogênio, óxido de enxofre, monóxido de carbono configurando um alto índice de poluição do ar ainda que dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução Conama 382/06. Esse fato é agravado pela maciça poluição sonora do entorno além de criar riscos potenciais de acidentes ecológicos pela armazenagem de combustíveis.

## **6 ESTUDOS DE USINAS FOTOVOLTAICAS INTEGRADAS COM OUTRAS FONTES DE GERAÇÃO NA REGIÃO NORTE DO BRASIL**

Na região norte do Brasil, grupos de investidores apostam na operação integrada de usinas fotovoltaicas com usinas de geradores a óleo pesado. Existem fatores favoráveis para essa integração como o aproveitamento da infraestrutura elétrica existente, ocupação de áreas hoje ociosas dentro destas usinas para instalação dos módulos solares (áreas estas já legalizadas junto ao órgão ambiental) e a possibilidade de suprir uma eventual necessidade de energia auxiliar para a operação da usina térmica. A instalação dentro das cercanias de um complexo de energia existente permite o aproveitamento das utilidades existentes como subestações elevatórias, linhas de transmissão até a concessionária, estrutura de operação e manutenção, entre outras.

Os projetos iniciais se beneficiam dos créditos disponibilizados através da citada regulamentação do programa de Pesquisa e Desenvolvimento pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

As usinas fotovoltaicas poderão atender cargas auxiliares da usina principal enquanto geram dados mais confiáveis para os estudos de viabilidade técnica dentro de estudos de interação com a rede de energia incluindo estabilidade, geração de harmônicos e perenidade. A melhor compreensão da fonte de energia é essencial à composição segura dos custos de implantação e operação que norteiam os valores do kWh oferecidos nos leilões de energia

## **7 CUSTOS E RETORNO FINANCEIRO**

Os custos envolvidos na construção de uma usina solar fotovoltaica se dividem em três grupos principais:

### **7.1 Área a ser ocupada**

O custo do terreno é, invariavelmente, decisivo na viabilidade econômica de uma usina. As áreas rurais são sensivelmente mais baratas, mas carecem de suporte como rodovias e vias de acesso, locais de alojamento de pessoal de operação e manutenção além da própria mão de obra. As áreas urbanas suprem a maioria das necessidades operacionais, mas são escassas o que eleva seu custo. O licenciamento ambiental e os cuidados com a ocupação do solo também podem ser um grande empecilho na escolha do local apropriado.

Sem dúvida a escolha da região deve levar em conta a taxa de insolação (radiação solar) e a temperatura ambiente já que o rendimento dos módulos solares decai com o aumento da temperatura.

### **7.2 Usina propriamente dita**

O local de implantação influencia pouco no investimento em equipamentos para a usina. Este custo é composto principalmente de módulos solares, inversores, cabeamento, sistema de sustentação e, eventualmente, movimentadores (seguidores solares). Em função do terreno escolhido pode haver variações no custo de fixação e montagem dos módulos.

### **7.3 Infraestrutura elétrica de acesso**

O acesso à rede nacional para entrega da energia gerada às concessionárias é um ponto crítico, pois há necessidade de se investir em subestações elevadoras e redes de transmissão até a subestação mais próxima. A escolha do local também deve levar em conta este fator, pois terrenos mais afastados podem exigir grandes gastos com linhas de transmissão.

O atendimento às necessidades dos itens A e C tem direcionado os projetos de usinas fotovoltaicas para a instalação conjunta com usinas eólicas ou térmicas existentes. O aproveitamento de terrenos já ocupados, muitas vezes já com licenças ambientais e com a infraestrutura viária implantada se alia ao uso conjunto de subestações e linhas de transmissão da usina existente proporcionando uma redução significativa nos investimentos. O aumento de capacidade desta infraestrutura é, quase sempre, mais econômico do que uma nova instalação. Os custos operacionais (operação e manutenção) e gerenciais também se beneficiam desta união. Levando-se em conta estas considerações

pode-se entender o interesse de geradoras pelo estudo de operações conjuntas com usinas fotovoltaicas.

A análise dos investimentos necessários para os itens A e C é complexa e depende de se conhecer todas as particularidades da instalação. Para o item B podemos tomar como base valores padrão de R\$ 7,00 a R\$ 5,50 por Wp (Watt pico – unidade de medida da capacidade de módulos solares fotovoltaicos) instalado, dependendo do porte da instalação e do uso de sistemas seguidores solares.

A análise financeira envolve o retorno do valor investido através da venda de energia, descontadas as despesas operacionais, gerenciais, impostos, redução de produção pelo envelhecimento das células solares e os custos financeiros. Como a energia gerada está diretamente ligada à radiação solar disponível no local da usina, este fator deve ser meticulosamente considerado. As taxas de insolação no Norte – Nordeste brasileiro atingem médias anuais de 4,5 a 5,5 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

## **8 CONCLUSÃO**

A tendência de crescimento da demanda de energia aliada à capacidade limitada da geração hidráulica com seu esgotamento iminente reforça a necessidade da geração distribuída de energia. Conjuntamente, o aumento da consciência sócioambiental favorece a utilização de fontes renováveis.

A geração de energia solar fotovoltaica integrada com usinas térmicas, como estudado na região norte do País, permite a verificação da viabilidade técnica do sistema de geração e mostra a versatilidade de um sistema que pode ser instalado em uma área ociosa ou, até mesmo, servir como cobertura para estacionamentos e passagens de pedestres.

Dentro da cadeia produtiva do sistema de geração solar fotovoltaica, o desenvolvimento da fabricação dos inversores no Brasil é o ponto mais favorável para redução direta nos custos de equipamentos.

O retorno financeiro atrativo, hoje, depende de redução de custos de compra de equipamentos, que poderão ser melhorados com incentivos fiscais, linhas de crédito com juros subsidiados, custos de implantação e operacionais otimizados e de uma análise realista do governo para o preço teto nos leilões. O leilão de outubro/2014 reflete um cenário positivo para a geração solar ao considerarmos o deságio entre o preço ofertado pelas ganhadoras e o preço teto do governo.

A comparação direta indica que a energia solar é seguramente muito mais limpa que a térmica, mas necessita uma ocupação de área que pode inviabilizar o projeto. A substituição pura e simples de um tipo de geração por outro não é viável nem desejável. Daí, a grande necessidade de se investir na composição de uma matriz energética mais balanceada onde fatores como impacto ambiental seja levado em conta em conjunto com a disponibilidade e rentabilidade da fonte.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Leilão de Energia de Reserva registra deságio médio de 9,94%. Disponível em:<  
[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8204&id\\_a\\_rea=90](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8204&id_a_rea=90)>. Acesso em 31 out.2014

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de

compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 09 jun.2014.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Lei 9991 de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei20009991.pdf>>. Acesso em 05 dez.2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira*. Brasília: EPE, 2012, 21 p.

ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília, abr.2014. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/boletins\\_de\\_energia/boletins\\_atuais/24\\_-\\_Energia\\_Solar\\_no\\_Brasil\\_e\\_no\\_Mundo.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/boletins_de_energia/boletins_atuais/24_-_Energia_Solar_no_Brasil_e_no_Mundo.pdf)>. Acesso em 15 jun.2014.

LANDEIRA, J.F.F. *Análise técnica econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil*. 2013. 07 e 104 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal, Rio de Janeiro.

MINAS GERAIS. Lei nº20.824, de 31 de julho de 2013. Altera as Leis nºs **6.763**, de 26 de dezembro de 1975, **14.937**, de 23 de dezembro de 2003, e **14.941**, de 29 de dezembro de 2003, revoga dispositivo da Lei nº **15.424**, de 30 de dezembro de 2004, concede incentivo a projetos esportivos e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao\\_tributaria/leis/2013/120824\\_2013.htm](http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2013/120824_2013.htm)>. Acesso em 19 de jun.2014.

PROPOSTAS PARA INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. 2012. *Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica*. São Paulo

PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2023. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2014/PDE2023\\_ConsultaPublica.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2014/PDE2023_ConsultaPublica.pdf)>. Acesso em 05 dez. 2014.

SIMAS, M.S. *Energia Eólica e Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. 2012. 57. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.