

## **O POTENCIAL BRASILEIRO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE ELÉTRICA: ANÁLISE DE PARIDADE DE REDE**

**Isabel T. SALAMONI<sup>1</sup> & Ricardo RÜTHER<sup>1,2</sup>**

(1) LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações  
Departamento de Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina  
P.O. BOX 476 Florianópolis – SC / 88040-900 Brasil  
Tel.: +55 48 3721 5184, FAX: +55 48 3721 5191

(2) LABSOLAR - Laboratório de Energia Solar  
Departamento de Engenharia Mecânica / Universidade Federal de Santa Catarina  
P.O. BOX 476 Florianópolis - SC / 88040-900 Brasil  
Tel: +55 48 3721 5174, FAX: +55 48 3721 7615  
E-mail: isamoni@labeee.ufsc.br  
ecv1rrr@ecv.ufsc.br

### **RESUMO**

Em um mundo de interdependência crescente, a energia está tornando-se cada vez mais um tópico de discussão internacional, tanto em um nível econômico como político. Respondendo a este desafio, representantes nacionais e internacionais estão buscando novas estratégias de diversificar a matriz energética dos seus países e de atingir uma produção mais sustentável. O Brasil possui uma grande quantidade de fontes renováveis ainda pouco exploradas, apresentando diversas vantagens com relação aos países desenvolvidos. No entanto, o papel das energias renováveis no mercado brasileiro, ainda é bastante pequeno (exceto pela geração hidroelétrica). Seguindo as experiências alemãs, o artigo objetiva desenvolver diretrizes para um programa de incentivo específico para o Brasil, que contemple a até então negligenciada tecnologia solar fotovoltaica, levando em consideração as peculiaridades do país. Ele destaca o potencial e as vantagens que o Brasil apresenta com relação à energia fotovoltaica conectada à rede elétrica e faz uma análise de paridade de rede. Essa análise foi desenvolvida através de cenários que identificam quando, como e em que regiões do país a energia fotovoltaica poderia ser competitiva com a geração convencional. O estudo de paridade de rede da tecnologia fotovoltaica no Brasil foi comparado com um estudo desenvolvido para a Europa. O estudo mostrou que por mais cara que a tecnologia fotovoltaica seja hoje em dia, ela poderá ser competitiva com a geração convencional já no ano de 2020 nas regiões mais ensolaradas do Brasil, considerando o cenário menos favorável.

### **ABSTRACT**

In a world of ever growing interdependence, energy is increasingly becoming a subject of international dispute, both on an economic as well as political level. Responding to this challenge, national and international decision-makers are seeking new strategies to diversify the energy mix of their home countries and arrange for a more sustainable production. Brazil has vast amounts of untapped renewable resources with a number of advantages over developed countries. However, the role that renewable energies play in the Brazilian market is still quite small (except for hydro power). Drawing from the German example, this paper aims to develop a guideline for a Brazilian incentive program that

encompasses the so far neglected photovoltaic technology, and takes into account the country's peculiarities. It highlights the potential and advantages that Brazil might have regarding grid-connected photovoltaic systems and makes a study of grid parity. This study was developed through scenarios that identify when, how and in which regions of the country, photovoltaic generation would be competitive with conventional generation. The grid parity study of photovoltaic technology in Brazil was compared to a similar study developed in Europe. It showed, no matter the current cost of photovoltaic technology, it can be competitive with conventional generation in 2020 at the sunniest regions of Brazil, considering the worst scenario.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o mais avançado país da América do Sul, no que diz respeito ao desenvolvimento das energias renováveis. Isso se deve principalmente ao vasto tamanho (8.514.877 km<sup>2</sup>), que corresponde a 47% da área da América do Sul (NUPAC, 2007), às fontes naturais abundantes e ao clima favorável.

O país possui excelentes níveis de radiação solar, pois está localizado numa faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é muito superior à verificada no restante do mundo. Essa característica coloca o país em vantagem com relação aos países industrializados no que tange à utilização da energia solar fotovoltaica (PEREIRA; MARTINS et al, 2006).

Mesmo o Brasil já tendo dado início ao incentivo às fontes renováveis de energia e tendo um vasto potencial para a aplicação dessas, a energia solar fotovoltaica não tem sido contemplada pela legislação. O que acontece é que atualmente, somente a hidroeletricidade e a biomassa estão contribuindo significativamente para o suprimento energético do país (KRAUTER; KISSEL, 2005).

Ao contrário do Brasil, os países desenvolvidos vêm investido cada vez mais em novas fontes de energia, buscando um suprimento energético sustentável. A questão é que o apelo pelas fontes renováveis nos países desenvolvidos é de certa forma, ambiental e estratégico, uma vez que as bases energéticas nesses locais são principalmente os quase sempre importados combustíveis fósseis. Esse perfil gera, além de uma dependência de insumos energéticos do exterior e de um alto custo, um grande impacto ambiental na sua utilização.

No Brasil, não há um apelo ambiental tão forte, pois a necessidade de substituir os combustíveis fósseis é menor. Por outro lado, a demanda energética do país vem crescendo continuamente. Esse fato gera sobrecarga na rede e necessidade de grandes expansões, o que conseqüentemente acarreta altos investimentos. Assim, as grandes prioridades e os objetivos do Brasil para incentivar a utilização das energias renováveis e investir nelas são outros como:

- O favorecimento da utilização de recursos locais;
- O estabelecimento da geração distribuída num país de dimensões continentais;
- O estabelecimento de uma indústria local;
- A contribuição para a geração de novos postos de trabalho;
- A diversificação da matriz energética;
- O auxílio no suprimento da crescente demanda energética nacional, através da utilização de uma fonte complementar de energia;
- O reforço ou o abastecimento de energia em comunidades locais, contribuindo para a erradicação da pobreza;
- A redução dos impactos sociais e ambientais oriundos da implantação de fontes convencionais de energia.

Além disto, a utilização dos geradores solares fotovoltaicos estrategicamente localizados no sistema de distribuição pode trazer grandes vantagens ao setor elétrico (JARDIM; KNOB; RÜTHER, 2003).

Para que isso aconteça, é fundamental que seja criado um conjunto de procedimentos que viabilize e facilite a inserção da tecnologia fotovoltaica no Brasil. As experiências obtidas com as instalações nos países desenvolvidos, em especial as da Alemanha, podem servir de ferramentas para dar fomento e divulgar a iniciativa no país.

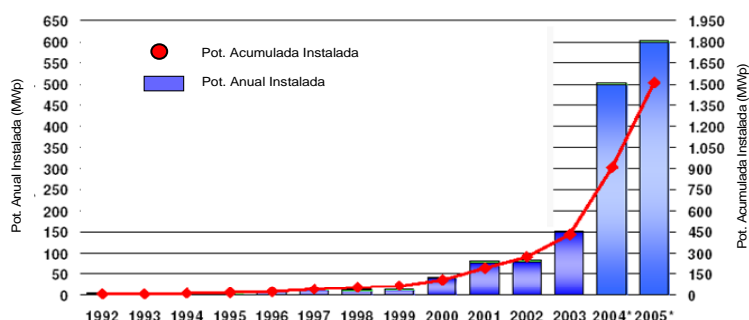
O presente artigo tem como objetivos, mostrar o potencial brasileiro para a utilização da energia fotovoltaica conectada à rede elétrica e apresentar um estudo de paridade de rede entre a geração convencional de energia e a geração fotovoltaica.

A pesquisa é baseada principalmente nas experiências realizadas pelo governo alemão, que é considerado o país com o mais bem sucedido programa de incentivo às energias renováveis.

## 2. O PROGRAMA ALEMÃO DE INCENTIVO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS

O sistema de preços introduzido com a lei *Feed-in-Law* de 1991, e posteriormente atualizado pela lei *Renewable Energy Law* de 2000 e pela emenda do *Renewable Energy Sources Act* de 2004, é a chave para o sucesso das renováveis na Alemanha. O mecanismo alemão é baseado na obrigatoriedade de compra pela operadora de rede de **toda** a eletricidade gerada pelas fontes renováveis, pagando ao gerador uma tarifa prêmio que é distinta para cada tecnologia. Os recursos captados através de um pequeno acréscimo na tarifa de todos os consumidores são depositados num fundo utilizado para reembolsar (em forma de tarifa prêmio) os consumidores que tenham instalado os sistemas fotovoltaicos. Neste caso, o incentivo é pago gradualmente, como um prêmio por kWh ao longo de vários anos, permitindo que os consumidores recuperem os seus investimentos num período de 10 a 12 anos (HOLM, 2005). O objetivo do programa é facilitar o desenvolvimento sustentável do suprimento de energia, controlar o aquecimento global, proteger o meio ambiente e atingir um aumento substancial na porcentagem das energias renováveis no suprimento do consumo em no mínimo o dobro até o ano de 2010.

Apenas no ano de 2004, houve um aumento de aproximadamente 100% na potência fotovoltaica instalada na Alemanha (NORDMANN, T., 2005), que ao final de 2005 estava em aproximadamente 1,5 GWp conectados à rede elétrica pública (IEA, 2006). Assim, as energias renováveis são a contribuição chave para a locação de negócios e investimentos no país. Conforme o *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* (2007), as energias renováveis na Alemanha contribuíram com 72,6 TWh para o suprimento final de energia elétrica no ano de 2006. Dados publicados pelo IIC – *Invest in Eastern Germany* (2006), indicam que em 2005 a indústria fotovoltaica alemã teve um faturamento equivalente a US\$ 3 bilhões e gerou cerca de 30 mil empregos. O mercado fotovoltaico teve um grande crescimento, como pode ser observado na Figura 1, principalmente a partir do ano de 2000, onde o governo alemão implementou a *Feed-in-Tariff* e o *Renewable Energy Sources Act*.



Fonte: EPIA, 2007.

Fig. 1: Crescimento da capacidade fotovoltaica instalada no mercado alemão.

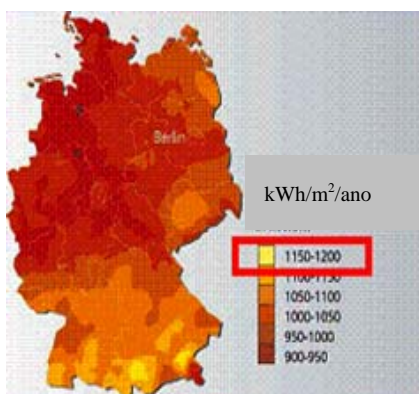
### 3. PROPOSTAS PARA UM PROGRAMA DE INCENTIVO BRASILEIRO E AS SUAS VANTAGENS COM RELAÇÃO À ALEMANHA

Conforme Holm e Arch (2005), o sistema de preços é o mecanismo mais recomendado para promover as energias renováveis não apenas nos países desenvolvidos, mas principalmente nos países em desenvolvimento. Uma vez que os países mais pobres têm necessidades básicas a serem supridas, não faz sentido adotar um programa de incentivo às renováveis onde o governo tenha que entrar com um alto investimento inicial. A vantagem do sistema de preços é que não existe essa necessidade de um investimento por parte do governo.

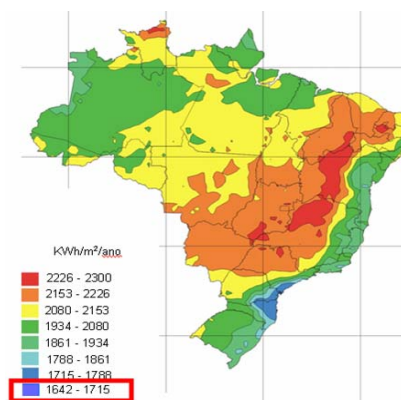
A proposta para um programa brasileiro seria semelhante ao utilizado pelo governo alemão, mas contemplaria especificamente a tecnologia fotovoltaica. O programa seguiria os pontos positivos do *Renewable Energy Sources Act* e adaptaria os pontos que não estão de acordo com a realidade brasileira. A proposta visaria alvos, consumidores e tarifas diferentes dos adotados pelo governo alemão. Como no Brasil existem aproximadamente 18 milhões de consumidores residenciais de baixa renda (EPE, 2006) o estudo parte do princípio de que apenas os consumidores residenciais de classe média no Brasil estariam pagando pelo programa de incentivo à energia fotovoltaica.

O Brasil apresenta uma série de vantagens com relação ao país número um na aplicação da tecnologia fotovoltaica e de mecanismos de incentivo às energias renováveis. Essas vantagens são significativas, principalmente no que diz respeito aos níveis de radiação solar.

As Figuras 2 e 3 são referentes aos níveis de radiação solar nesses dois países. É possível verificar que mesmo a região mais favorecida da Alemanha, em termos de radiação solar, apresenta aproximadamente 1,4 vezes menos radiação do que a região menos ensolarada do Brasil.



**Fig. 2: Atlas Solarimétrico da Alemanha. Média anual da radiação global incidente no plano horizontal.**



**Fig. 3: Atlas Solarimétrico do Brasil. Média anual da radiação global incidente no plano horizontal.**

Fontes: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006 e *Solar Server*, 2007.

Se for contrastado o consumo energético nesses dois países (Tab.1), pode-se observar que mesmo o Brasil tendo uma população significativamente maior, a Alemanha apresenta um consumo energético de aproximadamente duas vezes mais e uma tarifa residencial aproximadamente 30% mais cara do que a do consumidor residencial brasileiro. Isso faz com que a Alemanha arrecade mais fundos, coletados através das tarifas dos consumidores finais de energia do que o Brasil arrecadaria, no caso de um programa equivalente.

**Tab. 1: Dados comparativos entre Brasil e Alemanha.**

	<b>BRASIL</b>	<b>ALEMANHA</b>
<b>Nº de habitantes</b>	184 milhões	82 milhões
<b>Nº de consumidores residenciais</b>	48,3 milhões	44 milhões
<b>Nº de consumidores residenciais classe média</b>	30,3 milhões	N.D

Nº de consumidores residenciais classe baixa	18 milhões	N.D
Consumo de energia total	336 TWh/ano	616 TWh/ano
Consumo de energia residencial total	85 TWh/ano	140 TWh/ano
Consumo de energia residencial classe baixa	13,7 TWh/ano	N.D*
Consumo de energia residencial classe média	71,3 TWh/ano	N.D*
Tarifa Residencial	0,14 €/kWh	0,19 €/kWh
Radiação solar anual máxima	2226-2300 kWh/ m <sup>2</sup> /ano	1150-1200 kWh/m <sup>2</sup> /ano
Radiação solar anual mínima	1642-1715 kWh/ m <sup>2</sup> /ano	900-950 kWh/ m <sup>2</sup> /ano

N.D\* = Dados não disponíveis.

Fontes: IBGE, 2006; BMU, 2006 e EPIA, 2006.

De acordo com a Tabela 1, o Brasil possui 48,3 milhões de consumidores residenciais, dos quais 18 milhões são considerados consumidores de baixa renda. Os consumidores residenciais de classe média totalizam cerca de 30,3 milhões, consumidores esses que teriam condições de pagar pelas energias renováveis através de um sistema de preços semelhante ao aplicado pelo governo alemão.

Como observado na Figura 4, da tarifa residencial alemã, 3% é destinado ao *Renewable Energy Sources Act*. Portanto, a Alemanha arrecadou em 2006 apenas com os consumidores residenciais cerca de 8,8 bilhões de euros, que foram destinados às energias renováveis. Caso esse mesmo percentual de 3% fosse aplicado sobre a tarifa dos consumidores residenciais de classe média no Brasil (Fig.5), o país conseguiria arrecadar 3 bilhões de euros.

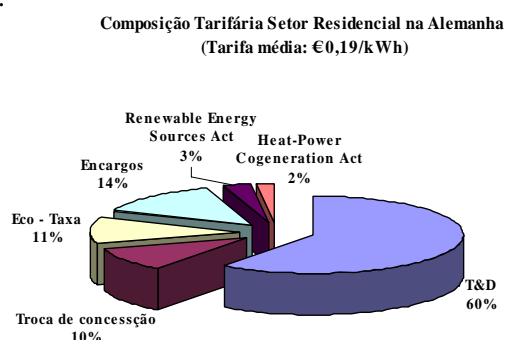


Fig. 4: Tarifa residencial na Alemanha (0,19 €/kWh).

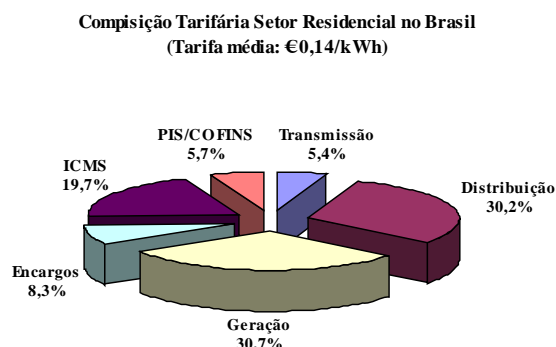


Fig. 5: Tarifa residencial no Brasil (0,14 €/kWh).

Fontes: ANEEL e BMU, 2007.

De acordo com os dados acima, pode-se constatar que a mesma potência fotovoltaica instalada na Alemanha teria no Brasil uma geração energética e um impacto no suprimento da demanda significativamente maior, uma vez que o Brasil apresenta níveis de radiação solar maiores e uma demanda energética aproximadamente duas vezes menor do que a da Alemanha. Isso acarretaria num custo menor de investimento, para o mesmo benefício de energia gerada na Alemanha.

Sabidamente o programa alemão de incentivo à tecnologia fotovoltaica já atingiu maturidade e grande capacidade instalada. O que se pretende aqui não é fazer uma comparação de viabilidade econômica entre um programa de grande porte, e já estabilizado, e um programa de menor escala a ser proposto no Brasil. O objetivo é mostrar que também nos países em desenvolvimento é possível estabelecer um programa de incentivo à geração solar fotovoltaica conectada à rede elétrica, com um impacto tarifário pequeno e aplicado somente às parcelas da população que têm um maior poder aquisitivo.

#### 4. ANÁLISE DE PARIDADE DE REDE

No decorrer da pesquisa, foram desenvolvidos cenários de paridade de rede da tecnologia fotovoltaica para os anos 2007, 2010, 2015 e 2020. A paridade de rede é atingida quando os custos da energia fotovoltaica e da energia convencional são os mesmos para o usuário final. Esse estudo foi comparado com um modelo semelhante, desenvolvido para a Europa, realizado por Sinke (2006).

Sobre o mapa do Brasil foram traçadas linhas de radiação solar com diferentes cores. Essas faixas de radiação e suas respectivas cores são baseadas no atlas solarimétrico do Brasil (Fig.3) e identificadas as tarifas de energia elétrica para a classe residencial nas diferentes regiões do país, conforme dados fornecidos pela ANEEL (2007). Tomando como exemplo o percentual de crescimento das tarifas residenciais da região sudeste do Brasil ao longo dos anos (Tab.2), é possível observar que não há e nem se pode prever um crescimento linear na evolução das tarifas residenciais ao longo dos anos. Dessa forma, foram desenvolvidos cenários considerando quatro percentuais anuais de evolução da tarifa residencial: 4% a.a, 8% a.a, 12% a.a e 16% a.a.

O estudo de Sinke (2006) considerou um percentual de acréscimo na tarifa residencial na Europa de apenas 1%aa.

**Tab. 2: Evolução nas tarifas residenciais de energia da Região Sudeste do Brasil.**

Anos	98	99	00	01	02	03	04	05
<b>Reajuste Tarifário (% a.a)</b>	5,7	12,1	14,9	13,4	14,5	23,3	15,8	19,1

Fonte: ANEEL, 2006.

Para o cálculo do custo da energia fotovoltaica ao longo dos anos, foram consideradas as seguintes variáveis:

- Radiação solar para todas as regiões do Brasil;
- Radiação solar sob o rendimento do gerador (R);
- Rendimento do gerador;
- Tempo de duração do programa de incentivo (t);
- Taxa interna de retorno (TIR);
- Custo do sistema fotovoltaico (\$);
- Despesas anuais do sistema (D);

Na análise européia, o autor utilizou uma TIR de 4% a.a, o que no caso do Brasil não atrairia possíveis investidores. Para isso, foi utilizada na análise para o Brasil uma taxa interna de retorno de 12%aa, o que condiz mais com a realidade brasileira. Para ambas as análises, foi considerado um percentual de redução de custos da tecnologia fotovoltaica de 5% ao ano, baseado na curva de aprendizado (HOFFMANN, W., 2006). Esse modelo analisa e prevê como os custos da produção fotovoltaica declinam proporcionalmente ao aumento do volume de produção.

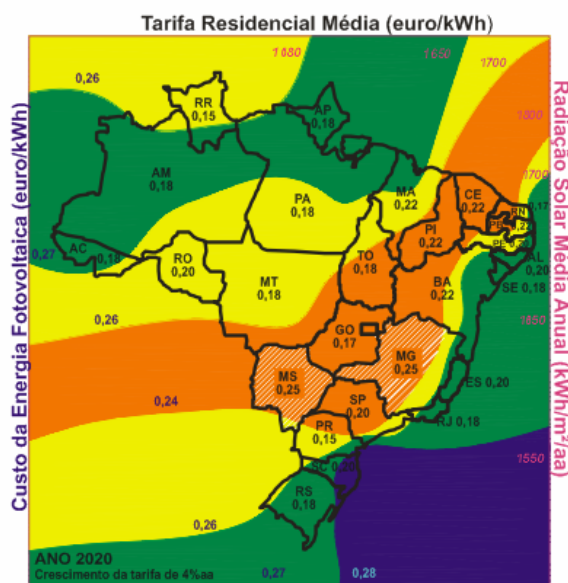
O custo da energia fotovoltaica no Brasil foi calculado segundo a Equação 1. Foi considerando que o rendimento do gerador é de 839 kWh/kWp a uma radiação de 1000 kWh/m<sup>2</sup>/aa. Esse valor foi baseado nas experiências e medições realizadas no sistema fotovoltaico instalado no Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina, em operação desde 1997 (RÜTHER et al, 2006). A análise européia considerou um rendimento de 750 kWh/kWp a uma radiação de 1000 kWh/m<sup>2</sup>/aa. Para ambas as análises foi considerado 1% como despesas.

$$C = \$ * \frac{\left[ \frac{TIR * (1 + TIR)^t}{(1 + TIR)^{t-1}} + D \right]}{R} \quad [\text{Eq. 1}]$$

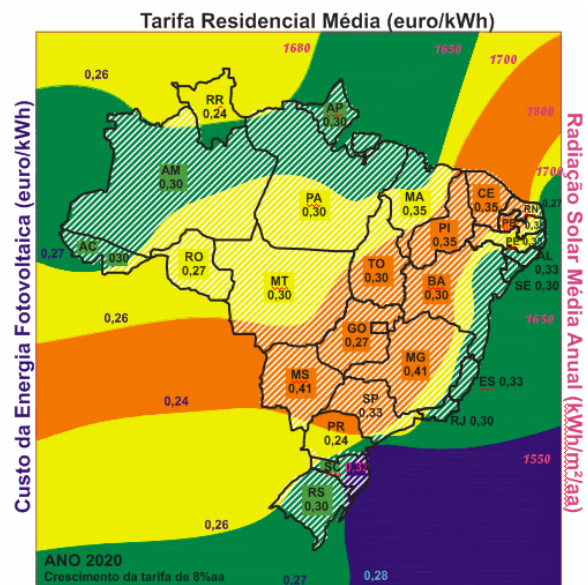
Os valores referentes à radiação solar no Brasil foram colocados à direita dos mapas. Cada faixa colorida representa um índice de radiação solar. Com o objetivo de simplificar o processo, considera-se que todas as regiões contidas dentro dessas faixas apresentam o índice de radiação equivalente à mesma. Os valores referentes à tarifa de energia para o setor residencial foram inseridos no mapa dentro de cada estado. O custo da energia fotovoltaica foi colocado à esquerda do mapa. Em cada faixa de radiação solar, o custo da energia fotovoltaica é diferente. Esse custo é válido para todas as regiões contidas dentro da mesma faixa de radiação. As áreas hachuradas representam as regiões que atingiriam paridade de rede, ou seja, que teriam o custo da geração fotovoltaica no mínimo equivalente ao custo da geração convencional para o consumidor residencial. Foram apresentados nesse artigo apenas os mapas para as simulações que resultaram em paridade de rede.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com os cenários, considerando uma evolução nas tarifas residenciais de 4%aa, o Brasil atingiria paridade de rede em 2020, no estado do Mato Grosso e parte de Minas Gerais (Fig.6). Nesse caso, a energia fotovoltaica estaria custando 0,24 €kWh, enquanto que a tarifa convencional para o setor residencial estaria custando aproximadamente 0,25 €kWh.



**Fig. 6: Paridade de rede para o ano 2020, considerando uma taxa de crescimento na tarifa convencional de energia residencial de 4%a.a.**

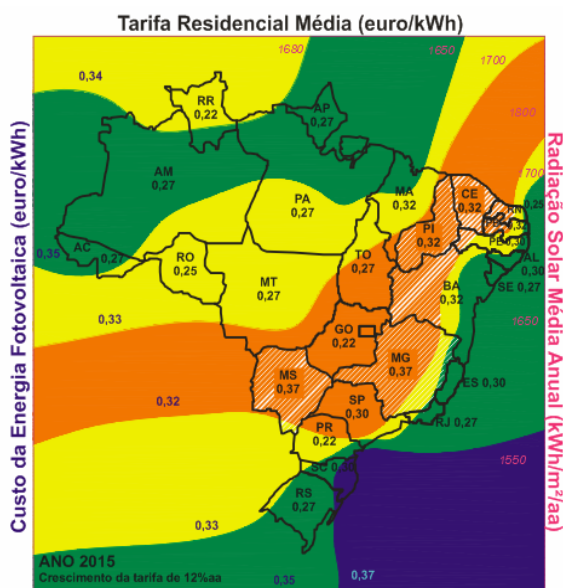


**Fig. 7: Paridade de rede para o ano 2020, considerando uma taxa de crescimento na tarifa convencional de energia residencial de 8%a.a.**

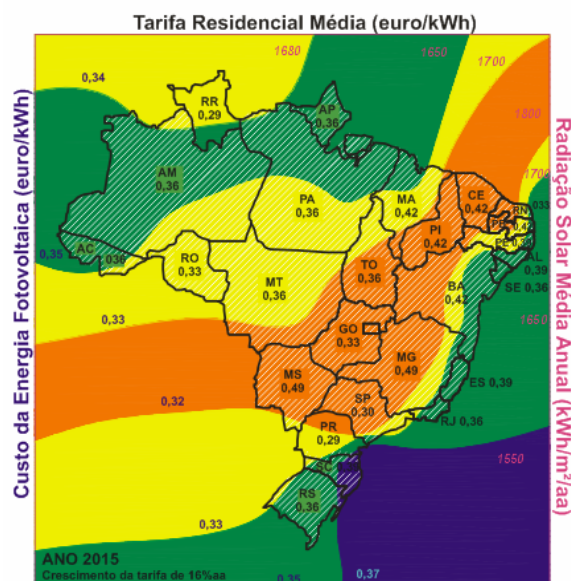
Na análise que considerara uma evolução de 8% aa nas tarifas (Fig.7) a paridade total aconteceria no ano de 2020, exceto nos estados de Roraima e Paraná, onde as tarifas de energia são as mais baratas. Nesse estudo, a energia fotovoltaica estaria custando 0,26 €kWh e a tarifa convencional estaria em torno de 0,24 €kWh, para ambos os estados.

A partir de um crescimento 12% aa nas tarifas residenciais de energia (Fig.8) já haveria paridade de rede no ano de 2015 em alguns estados do Brasil, como Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, parte da Bahia, Piauí e Ceará. Nesse caso, a energia fotovoltaica estaria custando 0,32 €kWh e a energia convencional estaria custando entre 0,37 €kWh (Mato Grosso do Sul e Minas Gerais) e 0,32 €kWh

(Piauí e Ceará), dependendo da região. A paridade total, considerando essa mesma taxa de crescimento anual nas tarifas de energia seria atingida no ano de 2020.



**Fig. 8: Paridade de rede para o ano 2015, considerando uma taxa de crescimento na tarifa convencional de energia residencial de 12%a.a.**



**Fig. 9: Paridade de rede para o ano 2015, considerando uma taxa de crescimento na tarifa convencional de energia residencial de 16%a.a.**

Para a última análise, que considerou um crescimento nas tarifas de 16%aa (Fig.9) a paridade total de rede seria atingida no ano de 2015, exceto nos estado de Roraima e Paraná. No estudo de Sinke (2006), no ano de 2015, apenas a Itália estaria atingindo a paridade de rede total e o restante da Europa atingiria no ano de 2030.

A paridade de rede na Europa conforme Sinke (2006) começaria na Itália já em 2010 e atingiria paridade praticamente em quase todos os países em 2030.

Hoje em dia a tecnologia fotovoltaica é aparentemente cara, por outro lado, as suas perspectivas de redução de custo ao longo dos anos são grandes (HOFFMANN,W., 2006). De acordo com estimativas de crescimento das tarifas de energia convencional e com as previsões de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos, a energia fotovoltaica tem grandes chances de tornar-se competitiva com a geração convencional num futuro próximo.

Espera-se que a redução de custos da energia solar, observada pelos estudos da curva de aprendizado ocorra sem nenhuma nova invenção, com a produção em escala das indústrias de módulos fotovoltaicos, com a economia proveniente desta produção e com avanços tecnológicos.

## 6. CONCLUSÃO

O Brasil é um país rico em fontes renováveis de energia e reúne condições necessárias e suficientes para estabelecer uma lei de incentivo à geração distribuída, em particular à geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede, a exemplo da que foi estabelecida na Alemanha.

Atualmente, não existe no país nenhuma regulamentação para a promoção da energia solar fotovoltaica conectada à rede, o que dificulta a sua inserção e ressalta a importância do desenvolvimento e aplicação de mecanismos regulatórios para o seu fomento.

Apesar de o Brasil ser um país em desenvolvimento, ele apresenta uma parcela de consumidores com possibilidades de assumir os custos de um programa fotovoltaico de proporção considerável. Além desse fator, a demanda energética do Brasil é significativamente menor e o país apresenta excelentes



níveis de radiação solar. A região mais ensolarada do Brasil chega a ter aproximadamente 1,4 vezes mais radiação do que na região menos ensolarada da Alemanha.

Com esses aspectos mencionados, a mesma potência fotovoltaica instalada na Alemanha, teria a possibilidade de gerar mais energia se instalada no Brasil. Além disso, o impacto que essa geração teria no suprimento da demanda seria de uma magnitude maior, uma vez que a demanda energética do Brasil em 2006 equivaleu a aproximadamente duas vezes menos à demanda energética da Alemanha.

A paridade de rede no Brasil seria atingida primeiramente nas regiões onde existe uma combinação de sol em abundância e altos preços de energia convencional. As primeiras regiões do Brasil a atingirem paridade de rede seriam os estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Esses estados apresentam as mais altas tarifas de energia elétrica e excelentes níveis de radiação solar.

Devido à contínua redução dos custos da tecnologia fotovoltaica, e ao mesmo tempo ao acréscimo nas tarifas convencionais, estima-se que a paridade de rede total no Brasil acontecerá em meados de 2020.

A paridade de rede não depende somente da redução de custos da tecnologia, mas também da taxa interna de retorno, da região geográfica e do preço da energia convencional. Na Europa essa taxa já é considerada atrativa aos 4% a.a enquanto que no Brasil, esse percentual não atrairá nenhum investidor se for menor do que 12% a.a.

Além de o Brasil possuir um percentual de evolução nas tarifas de energia relativamente maior do que o dos países industrializados, ele também apresenta um nível de radiação solar maior, o que poderia favorecer o país em termos de mais cedo atingir a paridade de rede. A questão é que devido às elevadas taxas de juros e à instabilidade econômica, não é possível aplicar as mesmas taxas internas de retorno adotadas pelos países industrializados. A partir do momento em que são aplicadas taxas maiores, os preços da energia fotovoltaica se elevam o que coloca o país em desvantagem com relação aos países menos favorecidos com relação aos níveis de radiação solar.

Por mais cara que a tecnologia fotovoltaica pareça no momento, seus custos estão declinando ao longo dos anos e as suas perspectivas são de reduções ainda maiores. Ao mesmo tempo, não há nenhuma estimativa de redução dos custos da geração convencional para o consumidor final e de acordo com dados anteriormente observados estes estão aumentando. Portanto, a partir do momento em que houver a paridade de rede entre a geração convencional e a geração fotovoltaica, a utilização dessa fonte renovável de energia poderá não somente auxiliar na diversificação da matriz energética, mas também trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais ao país.

As estimativas são de que os custos da geração fotovoltaica irão declinar significativamente. Ao mesmo tempo, não há nenhuma estimativa de redução dos custos da geração convencional para o consumidor final e de acordo com dados anteriormente observados estes estão aumentando. Portanto, quando ambas as curvas se cruzarem, a geração fotovoltaica será competitiva com a geração convencional.

Uma vez atingida a paridade de rede, a demanda fotovoltaica irá aumentar significativamente, pois os consumidores irão pagar por esta energia o mesmo preço ou até mesmo menos do que o preço da energia convencional, mas com um adicional de estarem consumindo uma energia vinda do sol, que é ambientalmente sustentável.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em <<http://www.aneel.org.br>>

AITKEN, D., STADEN, R. (2005) *The renewable energy transition*. **Energy & Transport**, SDI 14. Disponível em: <<http://www.sustdev.org>>

BEN (2005) **Balanco Energético Nacional**. Sinópse 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/ben2005/>>

- BMU (2006) *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. Disponível em: <<http://www.bmu.de/allgemein/aktuell/160.php>>
- EPE – **Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>
- EPIA – *European Photovoltaic Industry Association*. Disponível em: <<http://www.epia.org/>>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2006) *Renewable Energies: Innovation for the Future*.
- Federal Statistical Office of Germany. Disponível em: <[http://www.destatis.de/e\\_home.htm](http://www.destatis.de/e_home.htm)>
- HOLM, D.; ARCH, D. (2005) *Renewable Energy Future for the Developing World*. White paper.. Disponível em:<<http://writepaper.ises.org>>
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>
- IEA – **Internacional Energy Agency**. Disponível em: <<http://www.iea.org>>
- IIC (2006) *Invest in Eastern Germany. Photovoltaikindustrie Deutschland: Wachstumschancen für Ostdeutschland*.
- JARDIM, C. S.; KNOB, P.; RÜTHER, R. (2003) **Estudo do Potencial Fotovoltaico em Regiões com Pico de Demanda Diurno na Cidade de Florianópolis**. In: ENCAC - COTEDI, Curitiba - PR.
- KRAUTER, C. W.; KISSEL, M. (2/2005) *RE in Latin America*. **REFOCUS** magazine.
- MME – **Ministério das Minas de Energia**. Disponível em: <<http://www.mme.org.br>>
- NUPAC – **Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/antartica/antartica-antartida.html>
- PEREIRA, E.; MARTINS, F; ABREU, S.; RÜTHER, R. (2006) **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. INPE, São José dos Campos.
- RÜTHER, R.; DACOREGIO, M.; SALAMONI, I.; KNOB, P. (2006) *Performance of the first grid-connected BIPV installation in Brazil over eight years of continuous operation*. In: *Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*. Anais. Dresden, Germany v.p. 2761-2764.
- SINKE, W. C. (9/2006) *Searching for the Holy Grail*. **Photon magazine**. Disponível em: <<http://www.photon-magazine.com/>>
- THE SOLAR SERVER. Forum for Solar Energy**. Disponível em: <<http://www.solarserver.de/lexikon/sonneneinstrahlung-e.html>>
- WOFFMANN, W. (2006) *PV solar electricity industry: Market growth and perspective*. **Solar Energy Materials & Solar Cells** 90 v.p 3285–3311.