

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NO ESTADO DO PARANÁ – RESULTADOS PARCIAIS

Gerson Máximo Tiepolo – tiepolo@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Eletrotécnica

Jair Urbanetz Junior – urbanetz@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Eletrotécnica, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Ênio Bueno Pereira – enio.pereira@inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Ciência do Sistema Terrestre

Silvia Vitorino Pereira – silvia.pereira@inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Ciência do Sistema Terrestre

Alisson Rodrigues Alves – alisson@pti.org.br

FPTI - Fundação Parque Tecnológico ITAIPU

Resumo. O estado do Paraná tem sido um dos maiores produtores de energia elétrica do país, quase totalmente originada de hidroelétricas. Entretanto o aproveitamento desta fonte está em declínio devido aos impactos ambientais, e também devido à pressão da sociedade com relação aos impactos sociais e econômicos ocasionados pelo represamento de rios e inundação de áreas para formar grandes reservatórios. Para superar estas limitações, é imprescindível a necessidade de que outras fontes sejam pesquisadas e aplicadas, como a solar fotovoltaica. Com a publicação da Resolução 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que estabelece a regulamentação de microgeração e minigeração de energia elétrica, se tornou possível utilizar os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFVCR). Esses sistemas são utilizados em ambiente urbano, principalmente na Europa, como forma de geração distribuída, instalados sobre as coberturas de edificações ou integrados às mesmas. O objetivo desta pesquisa foi o de elaborar um estudo específico, detalhado e atualizado sobre o potencial de geração de energia elétrica através de SFVCR no estado e de todos os seus 399 municípios, cujo um dos resultados obtidos foi a elaboração do Atlas Fotovoltaico do Estado do Paraná com os mesmos critérios utilizados pela Comissão Europeia, o qual é composto por um conjunto de mapas com valores de Irradiação e de Produtividade Estimada Total Anual, Média Diária Mensal e Média Diária Sazonal. Os resultados desta pesquisa poderão contribuir para a elaboração de políticas públicas específicas visando à disseminação do uso dessa fonte de energia renovável no Estado do Paraná.

Palavras-chave: Energia Solar, Potencial Fotovoltaico, Atlas Fotovoltaico.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a geração de energia elétrica global é gerada na sua maior parte através de combustíveis fósseis e nuclear, com uma tendência de diminuição desta participação na matriz elétrica mundial, conforme os dados apresentados em REN21 (2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015), e também com uma tendência de maior participação de outras fontes renováveis para geração de energia elétrica como a biomassa, eólica e solar.

Quanto ao Brasil, a principal fonte geradora de energia elétrica tem sido nas últimas décadas a hidráulica em virtude das grandes bacias hidrográficas existentes praticamente em todo o seu território, seguida de outras fontes como os combustíveis fósseis e nuclear, e logo depois de fontes renováveis não-hidráulicas como a biomassa e eólica, sendo ainda desprezível a participação da fonte solar na matriz elétrica (MME, 2012; 2013; 2014; 2015). A participação das fontes energéticas na produção de energia elétrica na matriz elétrica brasileira e global é mostrada na Tab. 1.

Com intuito de descongestionar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, este cenário tem favorecido a geração distribuída, instalados ao longo dos alimentadores da rede elétrica, tanto em baixa como em média tensão, e que contribuem para fornecer energia elétrica próxima ao ponto de consumo e na diminuição das perdas de energia (TIEPOLO *et al.*, 2012). Principalmente na Europa, grande parte dos investimentos em Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCR) aconteceu graças às políticas públicas de incentivos adotadas para promover o desenvolvimento desta tecnologia.

Em termos de Brasil, o estado do Paraná é um dos maiores produtores de energia elétrica através das hidroelétricas, devido à grande bacia hidrográfica existente no estado. Mas apesar deste grande potencial hídrico, a sua expansão na matriz elétrica encontra-se em declínio devido à dificuldade de explorar o potencial ainda não utilizado, e também devido às pressões da sociedade e entidades públicas e ambientais, necessitando o estado de pesquisas através

de outras fontes de energia complementares a hidráulica, entre elas a solar fotovoltaica, principalmente em SFVCR onde poucas pesquisas foram desenvolvidas até o momento.

Tabela 1 - Produção de Energia Elétrica Global e Brasil por tipo de fonte.

Fonte: Adaptado de REN21 (2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015) e MME (2012; 2013; 2014; 2015).

% DE PARTICIPAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE - GLOBAL E BRASIL										
	GLOBAL						BRASIL			
Tipo de fonte energética	REN21 2010 (ref. ao ano de 2008)	REN21 2011 (ref. ao ano de 2010)	REN21 2012 (ref. ao ano de 2011)	REN21 2013 (ref. ao ano de 2012)	REN21 2014 (ref. ao ano de 2013)	REN21 2015 (ref. ao ano de 2014)	BEN 2012 (ref. ao ano de 2011)	BEN 2013 (ref. ao ano de 2012)	BEN 2014 (ref. ao ano de 2013)	BEN 2015 (ref. ao ano de 2014)
Combustíveis Fósseis e Nuclear	82,00%	80,60%	79,70%	78,30%	77,90%	77,20%	11,00%	15,50%	20,70%	25,60%
Hidroelétricas	15,00%	16,10%	15,30%	16,50%	16,40%	16,60%	81,90%	76,90%	70,60%	65,20%
Outras Renováveis (não-hidro)	3,00%	3,30%	5,00%	5,20%	5,70%	6,20%	7,10%	7,70%	8,70%	9,30%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Alguns fatores que restringiram a aplicação de SFVCR durante muitos anos como os custos dos componentes, possuem cada vez menos influência quanto à decisão de se instalar estes sistemas, visto que os valores têm continuamente diminuído no mercado internacional principalmente àqueles referentes aos módulos fotovoltaicos, e que podem cair ainda mais caso venham a ser fabricados no Brasil. Aliado a isto, outra importante questão a se avaliar é quanto ao custo da energia elétrica no Brasil, com uma forte tendência de reajuste acima da inflação nos próximos anos devido ao aumento na participação da geração de energia elétrica através de usinas térmicas, cuja principal fonte energética utilizada é o combustível fóssil, com custo de geração muito superior quando comparado as outras fontes.

Com isto, de forma geral, o Brasil começa a apresentar condições extremamente favoráveis para o incentivo à implantação deste tipo de fonte na matriz elétrica nacional, o que faz com que mais pesquisas sobre esta forma de geração de energia elétrica sejam elaboradas.

2. METODOLOGIA

Para determinação do potencial de geração de energia elétrica através de SFVCR no estado do Paraná, foi utilizado o banco de dados de irradiação no plano inclinado do Atlas Brasileiro de Energia Solar publicado em 2006 (PEREIRA *et al.* 2006), por ser a publicação mais recente referente ao tema.

Aliado a isto, se fez necessário a elaboração de mapas que permitissem comparar o potencial encontrado no estado do Paraná com outros estados e regiões do Brasil, e com a Europa. Uma das questões importantes analisadas nesta pesquisa foram os diferentes padrões de escala e cores utilizados para elaboração dos mapas de irradiação no Brasil ao longo dos últimos anos, e que evidencia uma das dificuldades encontradas pelos pesquisadores na área de fotovoltaica em poder comparar mapas já elaborados no Brasil com mapas de outros países ou regiões. Nem sempre esta comparação é visualmente fácil devido à diferença entre as escalas e cores utilizadas para representar os níveis de irradiação no Brasil com os mapas existentes em países ou regiões de diferentes continentes.

Para determinação do modelo adequado a ser desenvolvido, foram acessados e analisados vários sites de institutos e centros de pesquisa como: National Renewable Energy Laboratory – NREL do departamento de energia dos Estados Unidos (<http://www.nrel.gov/gis/solar.html>), Australian PV Institute da Agência de Energias Renováveis da Austrália (<http://pv-map.apvi.org.au/>), Joint Research Centre do Institute for Energy and Transport – IET da European Commission (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>), Natural Resources Canada (<http://pv.nrcan.gc.ca/>), SolarGis (<http://solargis.info/doc/postermaps>), Solar Energy Services for Professionals – SODA (http://www.soda-is.com/eng/map/maps_for_free.html), World Resources Institute dos Estados Unidos (<http://www.wri.org/resources/maps/united-states-solar-radiation-map>), e India Solar Resources Maps do Ministry of New and Renewable Energy (<http://mnre.gov.in/sec/solar-assmnt.htm>). Como resultado deste estudo, foi verificado que todos utilizam padrões de cores e escalas diferentes.

Diante disto, foi analisado qual dos padrões de cores e escala entre os mapas pesquisados seria mais apropriado para representar os valores de irradiação e de geração de energia elétrica gerada estimada no estado do Paraná. Desta forma, entre as opções analisadas foi escolhido o da Joint Research Centre (JRC) do Institute for Energy and Transport (IET) da European Commission por possuir as seguintes características: escala que abrange todos os valores de

irradiação e de produtividade estimados no estado do Paraná, padrão de cores amplo e atual cuja última atualização aconteceu em setembro de 2012, e a visualização numa única escala de cores dos valores de irradiação em kWh/m² e de produtividade em kWh/kW_p, ambos com valores anuais. Além disso, a utilização deste mesmo padrão permitirá a comparação direta entre os mapas do Paraná com os dos países da Europa onde está a maior parte da capacidade instalada global em SFVCR.

Para elaboração do Mapa Fotovoltaico, foram então utilizadas as mesmas premissas e padrões utilizados pela Comissão Europeia para estimar o valor da energia elétrica gerada como: potência do sistema fotovoltaico de 1 kW_p, taxa de desempenho de 75%, irradiância em condições padrão de teste de 1.000 W/m², inclinação do sistema fotovoltaico igual a latitude da localidade pesquisada, e orientação do sistema fotovoltaico para a linha do equador (em função do estado do Paraná encontrar-se no hemisfério sul será o norte verdadeiro ou norte geográfico).

Para a elaboração do texto explicativo da escala utilizada, foi utilizado basicamente o mesmo padrão adotado pela Comissão Europeia, adaptado aos termos utilizados no Brasil através da norma brasileira NBR 10899:2006 - “Terminologia sobre Energia Solar Fotovoltaica” (ABNT, 2006).

Na legenda adotada pela European Commission, usa-se o termo “*global irradiation*” para descrever a irradiação total gerada pelas componentes direta, difusa e de albedo, mesmo em situações em que não há albedo, em módulos instalados horizontalmente ou com inclinação qualquer. Entretanto a NBR 10899 tem uma interpretação que difere da European Commission, em que define a irradiância global (G_{HOR}) como sendo a potência radiante solar recebida em uma unidade de área em uma superfície horizontal, e sendo igual à irradiância direta mais a irradiância difusa, e consequentemente a “irradiação global” (H_{HOR}) como sendo a irradiância global integrada durante o intervalo de um dia. Da mesma forma, define a irradiância total (G_{TOT}) como sendo a potência radiante solar total com as componentes direta, difusa e de albedo, recebido em uma unidade de área em uma superfície com inclinação qualquer, e a “irradiação total” (H_{TOT}) como a irradiância total integrada durante um intervalo de um dia. Diante disto, na NBR as palavras “Global” e “Total” assumem conotações diferentes da utilizada pela European Commission, com “Global” sendo a soma das componentes direta e difusa numa superfície horizontal, e “Total” como sendo a soma das componentes direta, difusa e de albedo numa superfície com inclinação qualquer. Por esta razão, para definir a soma das componentes direta, difusa e de albedo numa superfície com inclinação qualquer (no caso de SFVCR, com inclinação igual à latitude do local) foi utilizado o termo “Total”, tal qual a orientação da NBR 10899.

A Fig. 1 mostra a escala adotada com os valores de Irradiação e Produtividade Total Anual, dentro dos requisitos pré-estabelecidos.

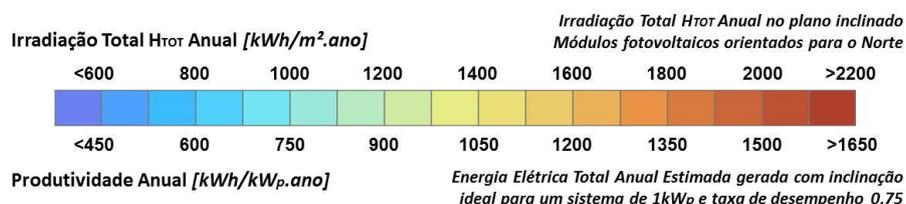


Figura 1 - Legenda com as cores e valores de Irradiação (H_{TOT}) e de Produtividade Estimada Total Anual no Plano Inclinado.

Fonte: Tiepolo (2015)

Para a apresentação dos Mapas Fotovoltaicos do estado do Paraná com a Média Diária Mensal no plano inclinado (H_{TOT}), foi utilizada uma escala “ajustada e ampliada” para melhor representar os valores mais altos de irradiação e de geração de energia elétrica estimada que ocorrem em determinados meses do ano, melhorando a precisão dos valores apresentados nos mapas.

Com isto, foram acrescentadas mais três cores e intervalos na escala anual utilizada para representação dos valores pela *European Commission* e adotada nesta pesquisa, convertida em valores diários de irradiação e de produtividade. A escala ajustada é apresentada na Fig. 2.

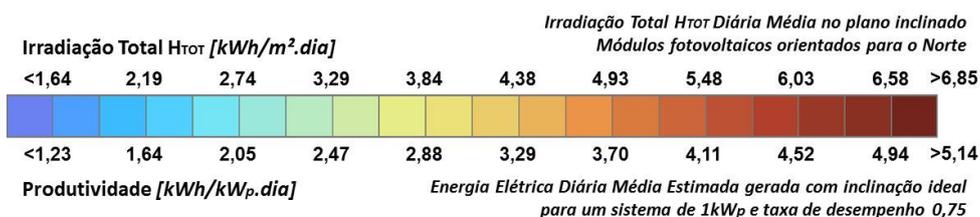


Figura 2 - Escala de cores e valores ampliada contendo mais três cores (as três últimas ao lado direito da escala) para melhor representar os valores altos de irradiação e de produtividade estimada que ocorrem em determinados meses do ano.

Fonte: Tiepolo (2015)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 3 mostra o Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná – Total Anual, apresentando os valores estimados de irradiação e produtividade no estado, enquanto a Tab. 2 apresenta os valores de irradiação e de produtividade gerada estimada Total Anual mínima, máxima e média encontrados no estado do Paraná, no plano inclinado e para uma TD 75%. A Fig. 4 mostra os Mapas Fotovoltaicos Mensais e a Fig. 5 os Mapas Fotovoltaicos Sazonais com as respectivas estimativas de irradiação e de produtividade média diária. O conjunto de mapas fotovoltaicos Total Anual, Mensais e Sazonais constituem o Atlas Fotovoltaico do estado do Paraná (TIEPOLO, 2015).

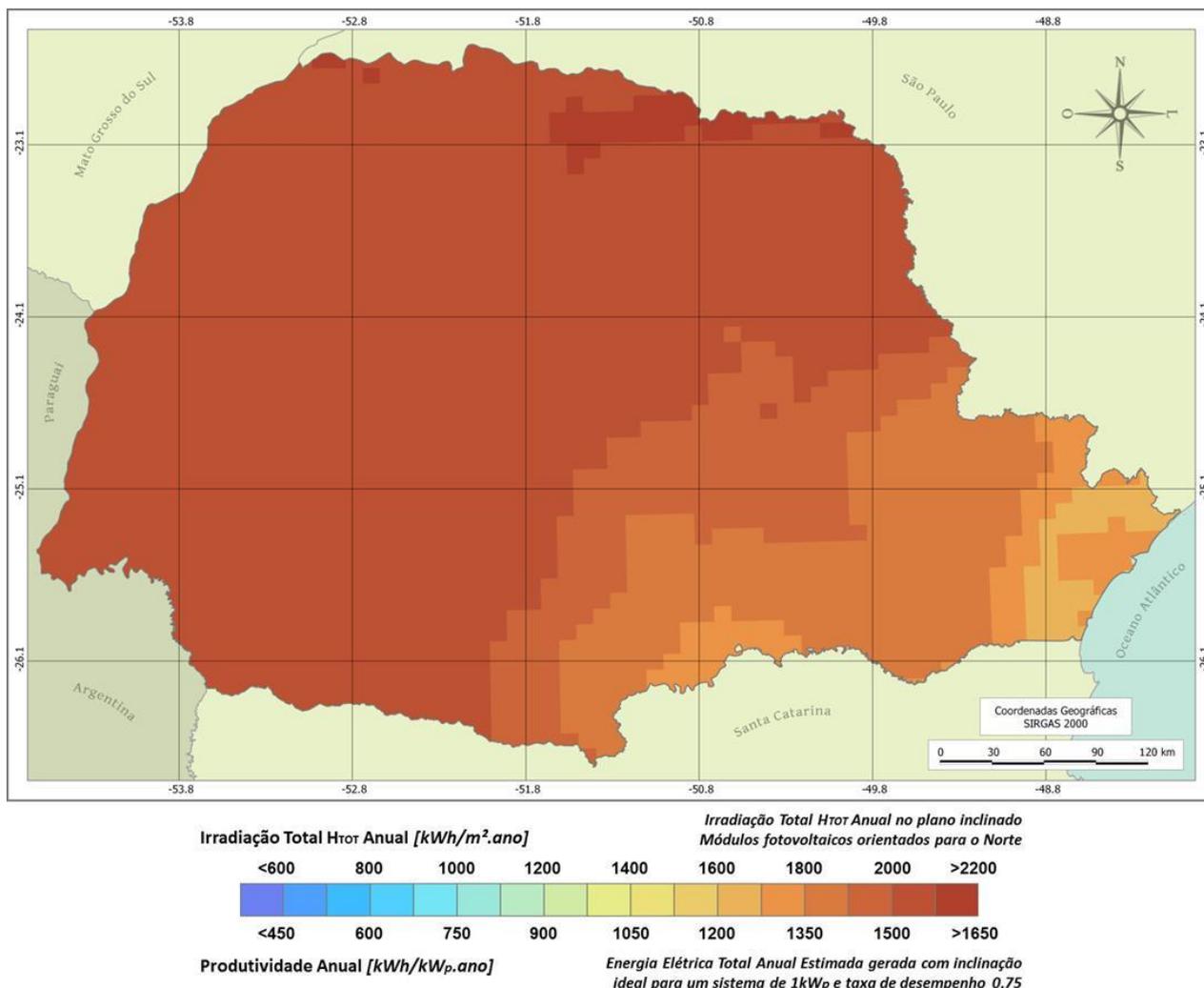


Figura 3 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná - Total Anual (Plano Inclinado - H_{TOT}).

Fonte: Adaptado de Tiepolo (2014a, 2014b), Tiepolo (2015).

Tabela 2 - Valores de Irradiação no plano inclinado (H_{TOT}) e de Produtividade Gerada Estimada Total Anual no estado do Paraná.

Fonte: Tiepolo (2015).

Estado do Paraná	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual em $kWh/m^2.ano$			Produtividade Total Anual Estimada em $kWh/kWp.ano$, para TD 75%		
	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
	1.651	2.119	1.986	1.238	1.589	1.490

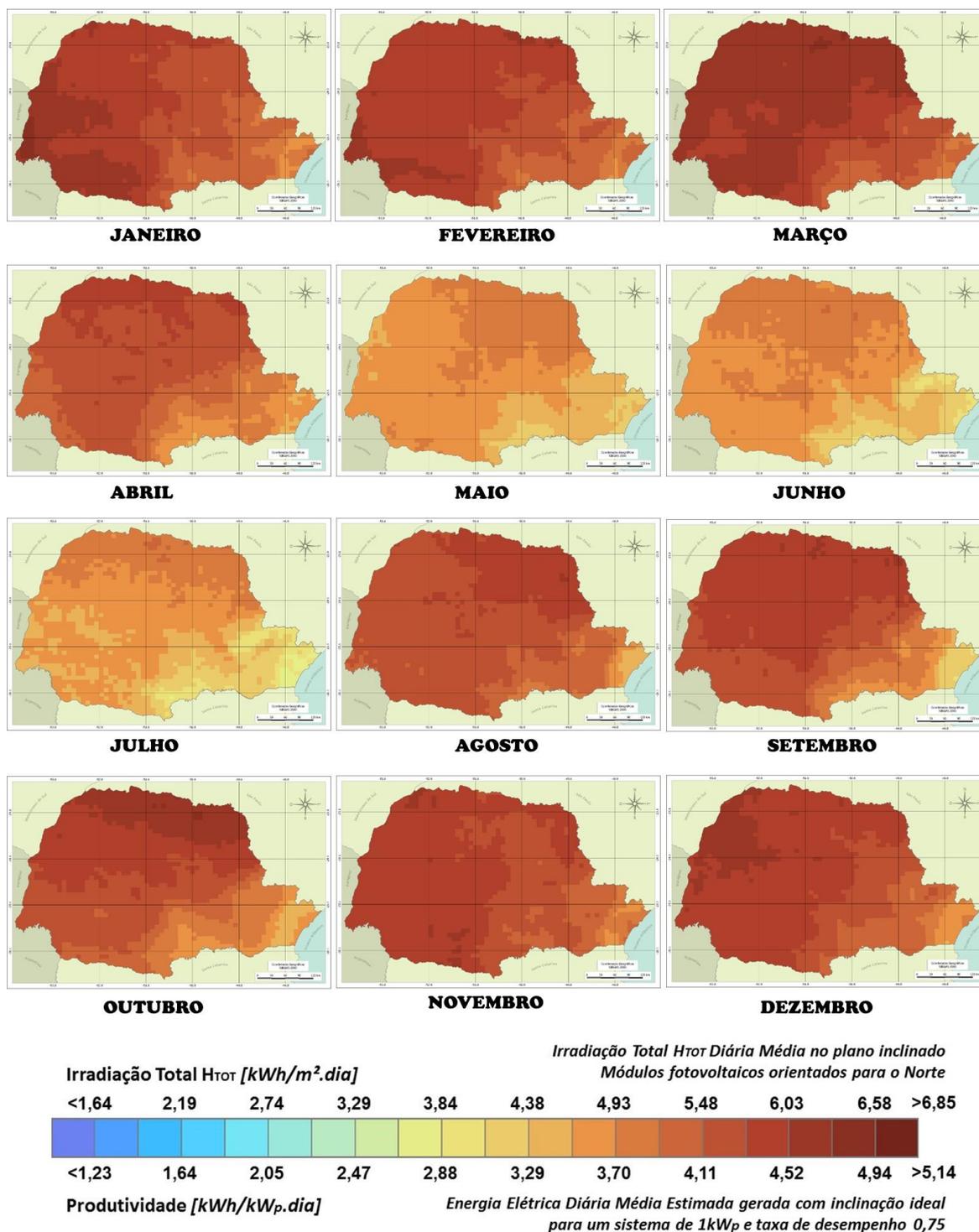


Figura 4 - Mapas Fotovoltaicos Mensais do Estado do Paraná (Plano Inclinado - H_{TOT}).

Fonte: Adaptado de Tiepolo (2015).

Com base nos dados analisados, o menor valor de Irradiação e de Produtividade Mensal ocorre no mês de Julho com 3,61 kWh/m².dia e 2,71 kWh/kW_p.dia, enquanto que o maior valor ocorre no mês de Janeiro com 6,46 kWh/m².dia e 4,85 kWh/kW_p.dia, o que mostra a grande variabilidade que ocorre durante todo o ano quando analisadas todas as regiões do estado. Ao se observar o valor de irradiação e de produtividade Média Mensal Diária avaliada em todo o Paraná, a MENOR média encontrada continua sendo a do mês de Julho com 4,66 kWh/m².dia e 3,50 kWh/kW_p.dia, enquanto a MAIOR média ocorre no mês de Março com 5,95 kWh/m².dia e 4,46 kWh/kW_p.dia, que são valores muito expressivos quando comparados a alguns países da Europa.

Segundo Šúri *et al.* (2007), a Alemanha possui uma Irradiação e Produtividade Total Anual média de 1.251 kWh/m².ano e 938 kWh/kW_p.ano, o que corresponde a uma média diária anual de 3,43 kWh/m².dia e 2,57 kWh/kW_p.dia respectivamente. Ao se comparar a média no Paraná do mês de Julho onde se tem os menores valores de irradiação e de produtividade ao longo do ano no estado com a média diária anual obtida na Alemanha, o mês de Julho apresenta um potencial médio aproximadamente 36% superior à média apresentada na Alemanha. Ainda quando

comparado com os valores mínimos encontrados na região de menor irradiação no estado no mês de julho (região litorânea no leste do estado, com valores de irradiação e produtividade de 3,61 kWh/m².dia e 2,71 kWh/kW_p.dia respectivamente), ainda assim o potencial encontrado é aproximadamente 5% superior à média diária anual obtida na Alemanha, como pode ser observado na Fig. 6.

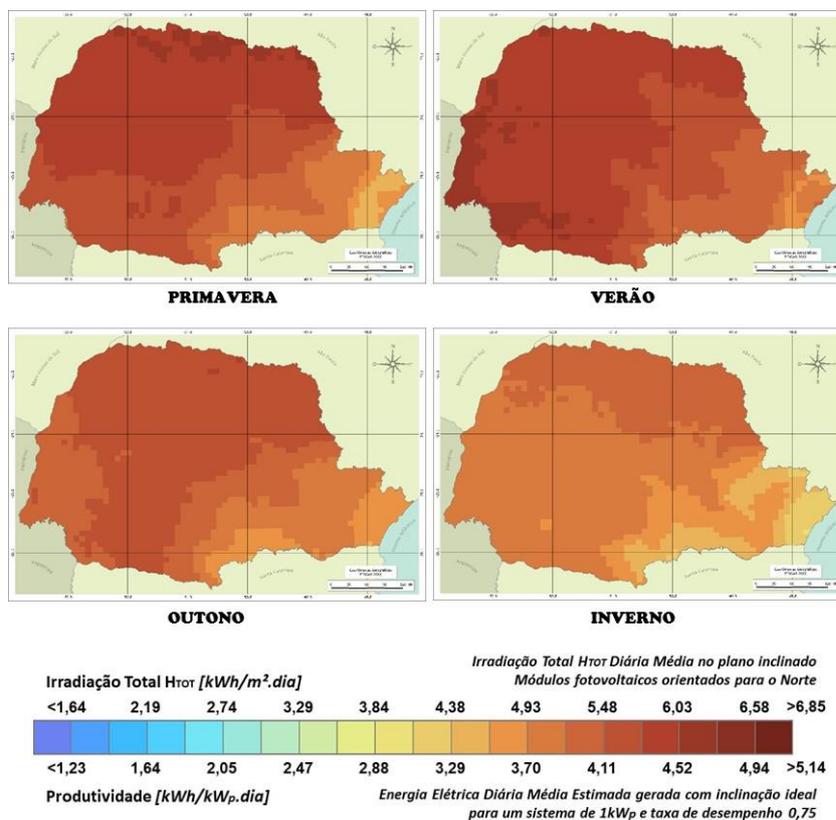


Figura 5 - Mapas Fotovoltaicos Sazonais do Estado do Paraná (Plano Inclinado - H_{TOT}).
Fonte: Adaptado de Tiepolo (2014a, 2014b), Tiepolo (2015).

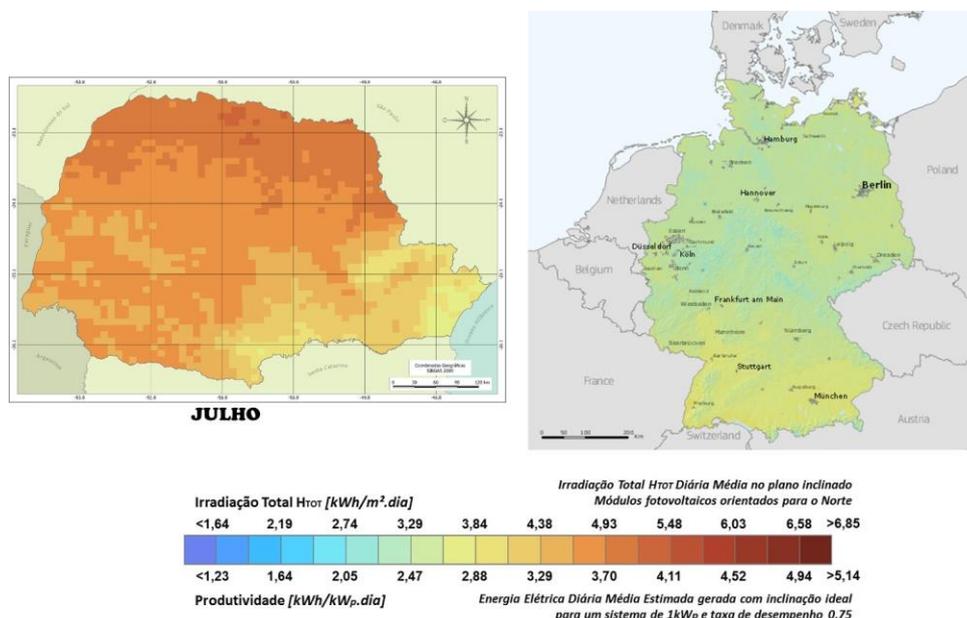


Figura 6 - Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná – mês de Julho (média diária mensal) e Mapa Fotovoltaico da Alemanha (média diária anual).
Fonte: Adaptado de Tiepolo (2015), Adaptado de Šuri *et al.* (2007), Huld *et al.* (2012a), EUROPEAN COMMISSION (2012).

Em relação aos valores de Irradiação e de Produtividade Estimada Total Anual dos 399 municípios do estado do Paraná, chegou-se as seguintes conclusões:

- Cidade com Menor média Anual: Matinhos com 1.687 kWh/m².ano e 1.265 kWh/kWp.ano (região leste do estado);
- Cidade com Maior média Anual: Prado Ferreira com 2.107 kWh/m².ano e 1.580 kWh/kWp.ano (região norte do estado).

Ao se analisar os dados do Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná – Total Anual, pode-se verificar que os menores valores de irradiação anual são encontrados na região leste do estado, sendo que as menores médias anuais são encontradas nos municípios de Matinhos, Guaratuba, Guaraqueçaba, Pontal do Paraná, Paranaguá, Morretes e Antonina, todos na região entre a Serra do Mar e o litoral Paranaense, com elevado índice de nebulosidade ao longo do ano em comparação as outras regiões, o que dificulta a incidência da radiação solar na superfície.

Ainda com base nos valores obtidos, foi possível constatar que:

- 322 municípios do estado possuem Irradiação Total (H_{TOT}) e Produtividade Anual Média maior que a média do estado, o que corresponde a 80,7%;
- 9 municípios do estado possuem Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média superior a 2.100 kWh/m².ano (inclusive);
- 321 municípios do estado possuem Irradiação Total (H_{TOT}) e Produtividade Anual Média acima de 2.000 kWh/m².ano e 1.500 kWh/kWp.ano (inclusive), o que corresponde a cerca de 80,45% do total de municípios do estado do Paraná.

4. CONCLUSÃO

O incentivo à geração de energia elétrica através de fontes renováveis de energia tem crescido gradativamente de forma Global e também no Brasil. Entretanto nos anos 2012 a 2015 o Brasil, contrariando a tendência global, tem mostrado um forte crescimento na participação de fontes não renováveis de energia na sua matriz elétrica principalmente através da utilização de combustíveis fósseis usados nas termoeletricas.

Quanto ao estado do Paraná, a participação na geração de energia elétrica através de hidroelétricas tem sido de aproximadamente 93%, o que dificulta novas expansões desta fonte na matriz elétrica do estado, necessitando o estado da participação de outras fontes, principalmente de renováveis não hidro cuja participação atual é desprezível, tornando necessários estudos detalhados sobre o potencial das diversas fontes para geração de energia elétrica no estado como a solar através de SFVCR, principalmente quando se observa que esta fonte permite a geração de energia elétrica de forma distribuída e próxima ao ponto de consumo, de forma limpa e renovável.

A necessidade quanto ao mapeamento de todo o estado e a possibilidade de efetuar comparações com outros países, fez com que fossem gerados mapas na mesma escala de cores e valores, e com as mesmas premissas utilizadas pela Comissão Europeia. Como resultado, foi elaborado um conjunto de mapas que constitui o “Atlas Fotovoltaico do Estado do Paraná”.

Os valores encontrados neste estudo mostraram valores elevados de Irradiação e Produtividade Total Anual no estado do Paraná, onde pode-se observar que os menores valores encontram-se no leste do estado, na região litorânea e próximo da Serra do Mar, e os maiores valores principalmente no norte, oeste, noroeste e centro-oeste do estado, onde mesmo nas regiões e nos períodos de menor irradiação e produtividade, são ainda muito maiores aos encontrados em alguns países da Europa como a Alemanha, o que evidencia o grande potencial e a viabilidade da utilização desta fonte de energia no estado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) pela colaboração com o fornecimento de dados de irradiação do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) e no auxílio na elaboração dos mapas fotovoltaicos do estado do Paraná com os requisitos especificados, a UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) pelo apoio e infra-estrutura oferecidas, e a ITAIPU Binacional através da FPTI (Fundação Parque Tecnológico ITAIPU) pelo apoio e financiamento dos recursos para realização destas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. “NBR 10899 - Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia”, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2006;
- EUROPEAN COMMISSION. “Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe”, Institute for Energy and Transport (IET), 2012, Disponível online em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>, Acessado em Novembro 2015;
- Huld, T.; Müller, R.; Gambardella, A. “A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa”, Solar Energy, 86, 1803-1815, 2012;
- MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011”, 2012, disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf>, Acessado em Junho 2013;

- MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2013: Base ano 2012”, 2013, disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>, Acessado em Fevereiro 2014;
- MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013 - Relatório Síntese”, 2014, Disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf, Acessado em Junho 2014;
- MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 - Relatório Síntese”, 2015, Disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf, Acessado em Novembro 2015;
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rütther, R. “Atlas Brasileiro de Energia Solar”, São José dos Campos, 1ª Edição, p. 34, 2006, Disponível online em http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf, Acessado em Junho 2014;
- REN21. “Renewable 2010 – Global Status Report”, 2010, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013;
- REN21. “Renewable 2011 – Global Status Report”, 2011, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Julho 2013;
- REN21. “Renewable 2012 – Global Status Report”, 2012, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013;
- REN21. “Renewable 2013 – Global Status Report”, 2013, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Abril 2014;
- REN21. “Renewable 2014 – Global Status Report”, 2014, Disponível em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>, Acessado em Junho 2014;
- REN21. “Renewable 2015 – Global Status Report”, 2015, Disponível em http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf, Acessado em Novembro 2015;
- Šúri, M.; Huld, T. A.; Dunlop, E. D.; Ossenbrink, H. A. “Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries”, *Solar Energy*, 81, 1295–1305, 2007, Disponível em <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>, Acessado em Fevereiro 2014;
- Tiepolo, G.; Castagna, A. G.; Canciglieri, O.; Betini, R. C. “Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil”, VIII CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2012;
- Tiepolo, G.; Canciglieri, O.; Urbanetz, J.; Viana, T. “Photovoltaic Generation Potential of Paraná State, Brazil – a Comparative Analysis with European Countries”, Apresentado no ISES Solar World Congress 2013, Cancún, México, Publicado no *Energy Procedia*, Volume 57, 2014, pages 725-734, 2014a;
- Tiepolo, G.; Canciglieri, O.; Urbanetz, J.; Viana, T.; Pereira, E. B. “Comparação entre o potencial de geração fotovoltaica no estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha”, V Congresso Brasileiro de Energia Solar – V CBENS, Recife, 2014b;
- Tiepolo, G. “Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná”, Tese (doutorado), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS, Curitiba, 2015;

GENERATION POTENTIAL OF ELECTRICITY THROUGH CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN PARANÁ STATE - PARTIAL RESULTS

Abstract. *The Paraná State of Brazil has been one of the largest producers of electricity in the country, almost entirely from hydraulic source, due to the large existing river basin in the state. However, the use of this source is declining due to depletion of water potential and also the pressure of society with respect to environmental, social and economic impacts caused by damming of rivers and flooding of cities and areas to form large reservoirs. To overcome these limitations, it is imperative the need for other sources are researched and applied, such as solar photovoltaic. With the publication of Resolution 482/2012 of ANEEL (Brazilian Electricity Regulatory Agency), which establishes rules for micro and mini-generation of electricity, it is possible that consumers install grid connected photovoltaic systems (SFVCR). These systems are used in an urban environment, particularly in Europe, as a form of distributed generation, installed on the roofs of buildings or integrated to them. The objective of this research was to develop a specific, detailed and updated study on the potential for electricity generation through SFVCR in the Paraná State and all of its 399 municipalities. One of whose results was the development of Photovoltaic Atlas of the Paraná State with the same criteria used by the European Commission, which is composed of a set of maps with irradiation values and Productivity Estimated Total Annual, Monthly and Seasonal Daily Average. The results of this research may contribute to the development of specific public policies aimed at spreading the use of this renewable energy source in the state of Paraná.*

Key words: *Solar Energy, Photovoltaic Potential, Photovoltaic Atlas*