

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA, SP, BRASIL

Nilson Augusto VILLA NOVA<sup>1</sup>, André Belmont PEREIRA<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver e aferir um modelo matemático para avaliação do potencial de energia solar disponível no município de Piracicaba, SP, em função de apenas uma medida radiométrica na passagem zenital. Valores de potencial de energia solar determinados pela metodologia proposta permitirão a avaliação do máximo desempenho possível de sistemas de captura de energia, sendo, portanto, de suma importância em projetos de engenharia que visam atender o aproveitamento da energia solar nas suas mais variadas formas.

## INTRODUÇÃO

Devido ao inevitável colapso energético mundial que sobreviverá com o fim previsto dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás) e também devido ao alto nível de poluição que a utilização dos mesmos determina, com influências já comprovadas e mudanças climáticas globais, a pesquisa se volta cada vez mais para a busca de fontes alternativas. Entre elas, destaca-se o aproveitamento no dia a dia da energia solar. Atualmente o aproveitamento da energia solar se dá sob várias formas, tais como, a captura pela biomassa, fotoeletricidade para pequenos potenciais, captura direta por coletores, fontes para ciclos termodinâmicos variados, e outros de menor expressão.

A avaliação do potencial de energia solar é atualmente no Brasil feita pelas redes do INMET e por instituições de pesquisa, com o actinógrafo de placa bimetálica, sendo ainda pequeno em relação às necessidades o número de instrumentos mais precisos, tais como, piranômetros e pireliômetros baseados em efeito termo-elétrico. Os dados obtidos de actinógrafos para serem confiáveis dependem de calibração periódica, observando-se também ser difícil o processo de integração dos diagramas em dias nublados, fato que pode determinar erros apreciáveis de medida. Como o próprio número de actinógrafos é também insuficiente, o grande processo de avaliação de energia solar para fins de irrigação, potencial de produção agrícola, zoneamento, etc. é feito ainda pelo heliógrafo de Campbell-Stockes, através do modelo geral proposto por Prescott (1940).

Embora ressaltando aqui o esforço de alguns pesquisadores nacionais na construção e calibração de radiômetros solares de alto grau de precisão, tais como piranômetros e pireliômetros (Escobedo, 1988), os levantamentos de disponibilidade de radiação solar no Brasil, em sua grande maioria, são realizados em função de equações de estimativa fundamentadas em estudos de regressão linear simples. Seja qual for a tecnologia de aproveitamento da energia solar, é indiscutível a importância do conhecimento de sua disponibilidade ou potencial ao longo do ano em dada região, uma vez que a energia solar constitui o "input" energético principal de todas as atividades que se desenvolvem no globo terrestre. Para isto, necessitaríamos de séries de medidas radiométricas quase nunca disponíveis, e quando disponíveis com restrições a confiabilidade, devido a falta de aferição de equipamentos, falhas e erros de cotação.

Em vista deste problema, no presente trabalho desenvolveu-se um processo de estimativa do potencial máximo de radiação solar disponível ao longo do ano, similar aquele desenvolvido por Villa Nova & Salati (1977), em função de uma única medida radiométrica na passagem zenital, e sugere-se modelo mais confiável que dispense a análise de uma exaustiva série de medidas e independa de integrações diárias. O modelo foi testado através de medidas radiométricas precisas, obtidas por piranômetros na região em estudo, apresentando excelentes resultados.

<sup>1</sup> Dr., Professor Associado, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-970, Piracicaba, SP.

<sup>2</sup> MSc., Professor Assistente, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, UEPG, Caixa Postal 992/3, CEP 84010-000, Ponta Grossa, PR.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido utilizando-se dados obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, SP (latitude 22°43'S, longitude 47° 38'W e altitude 546m).

Os valores calculados do potencial de energia solar disponível ( $Q_{ge}$ ) através da metodologia proposta (Pereira, 1997) foram correlacionados com os valores medidos em piranômetros Eppley ( $Q_{gmed}$ ) para os dias selecionados. Assim, propôs-se um modelo de estimativa do "input" máximo de energia solar local e seus respectivos coeficientes de correlação da equação de regressão. Como os valores dos referidos coeficientes analisados isoladamente podem levar a interpretações nem sempre adequadas sobre a performance do modelo estudado, utilizou-se também o índice de concordância  $d$  proposto por Willmott et al (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de regressão linear simples aplicada aos dados de Pereira (1997), constata-se que os dados medidos e os valores calculados de potencial de energia solar estão altamente correlacionados, demonstrando que mais de 95% das variações observadas de  $Q_{gmed}$  são explicadas pela equação de ajuste obtida para a localidade em estudo. Assim, o modelo ajustado para avaliação do potencial de radiação solar global foi:  $Q_{gmed} = 9,4528 + 0,9161.Q_{ge}$

O coeficiente de determinação da regressão ( $r^2$ ) foi da ordem de 0,9523 para  $n$  (número de observações) correspondente a 42. Relevando que os coeficientes de determinação e de correlação apenas trazem informações sobre o grau de precisão da análise e que nada revelam sobre a sua exatidão, procedeu-se ao cálculo do coeficiente de Willmott ( $d$ ), obtendo-se para Piracicaba o valor 0,9691. Já o índice de desempenho  $c$ , definido pelo produto entre  $r$  e  $d$ , preconizados por Camargo & Sentelhas (1995), assumiu o valor 0,9456, evidenciando, portanto, ótimo desempenho, conforme o critério de interpretação da performance de modelos apresentado pelos precursores do referido índice.

O desempenho do modelo, o qual propõe fatores de correção à estimativa do potencial máximo de energia solar na localidade analisada pode ser melhor observado na figura 1, onde verifica-se que tanto a precisão (dada pela reta de tendência) como a exatidão (visualizada pela dispersão dos dados ao redor da linha 1:1) das estimativas foram muito boas, apresentando valores superiores a 0,94.

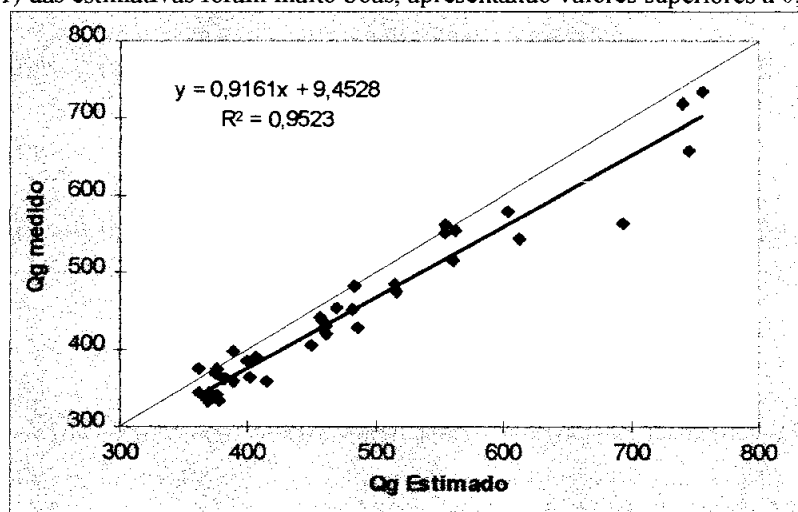


Figura 1 - Gráfico do tipo 1:1 entre o potencial de energia solar disponível medido pelo piranômetro Eppley e o potencial estimado pela metodologia proposta para Piracicaba, SP.

A figura 2 mostra a dispersão de dados medidos e estimados do potencial de energia solar em torno da reta 1:1, considerando uma série independente de dados, visando-se melhor comprovação e validação da metodologia proposta. Nota-se, portanto, que esta dispersão é relativamente pequena, o que

enaltece a viabilidade de utilização da metodologia presente não somente em Piracicaba, tendo em vista que a mesma dispensa a análise de uma exaustiva série de medidas radiométricas dependentes de integrações diárias.

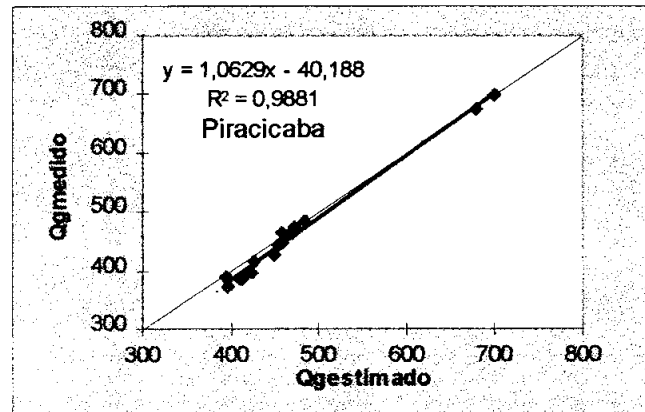


Figura 2 - Confronto entre dados medidos e estimados de potencial de energia solar, considerando uma série independente de dados para Piracicaba, SP.

### CONCLUSÕES

Tomando como base os resultados obtidos pela metodologia proposta, pode-se concluir que:

- É possível estimar-se com boa precisão o máximo “input” de energia solar diário (radiação solar disponível em dias completamente limpos), através de apenas uma medida de intensidade radiométrica na passagem zenital;
- Os valores de potencial de energia solar permitirão a avaliação do máximo desempenho possível de sistemas de captura de energia, sendo, portanto, indispensáveis no planejamento de projetos de engenharia que visam o aproveitamento de energia solar em suas mais variadas formas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESCOBEDO, J.F.; PASSOS, E.F.; SOUZA, M.F. Construção e calibração de radiômetros solares: piranômetro e pireliômetro. *Revista de Física Aplicada e Instrumentação*, 3(2):118-133. 1988.
- PEREIRA, A.B. *Avaliação do potencial de energia solar: medidas versus estimativas*. Botucatu, 1997. 83p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1997.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans.R.Soc.Sci. Aust.*, 64:114-125. 1940.
- VILLA NOVA, N.A.; SALATI, E. Radiação solar no Brasil. *Anais do II Simpósio Anual da Academia de Ciências do Estado de São Paulo*, Publicação ACIESP (6):27-61.1977.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIES, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, 90(5):8995-9005. 1985.