



**XXIII SNPTTE  
SEMÍNÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPT/16  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - II**

**GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS- GPT**

**UMA DISCUSSÃO SOBRE A QUALIDADE DA BASE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA CHESF  
PARA VIABILIZAÇÃO DE FINANCIAMENTO BANCÁRIO**

**Eduardo de Aguiar Sodré (\*)  
CHESF / UPE**

**Alcides Codeceira Neto  
CHESF / UPE**

**Pedro Bezerra de Carvalho Neto  
CHESF**

**José Bione de Melo Filho  
CHESF / ITF-PE**

**Nicolaj Röttinger  
GIZ**

**RESUMO**

Os recentes estudos iniciados na CHESF visando à possibilidade de concorrer com projetos de energia solar nos próximos leilões de energia a serem promovidos pelo Governo Federal, exigem a necessidade de se conduzir medições solarimétricas nas áreas onde os projetos serão instalados. Os dados de irradiação solar direta, difusa e global em superfícies horizontais e inclinadas constituem elementos essenciais para a modelagem e avaliação de desempenho de sistemas solares. Nesse contexto, é crucial para a viabilidade do negócio, compreender o recurso solar numa escala de longo prazo. O conhecimento da quantidade, do tempo e da variabilidade (incluindo valores mínimos históricos) desse recurso, tem influência direta sobre os cálculos da eletricidade produzida e, portanto, sobre o fluxo de receita do negócio. Este artigo discute o desenvolvimento de um Banco de Dados Solarimétricos financiável, e discute também a natureza das incertezas nos vários constituintes desse Banco de Dados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Medições Solarimétricas, Banco de Dados, Incertezas, Financiamento Bancário.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Atualmente no Brasil a inserção das energias renováveis na composição da matriz elétrica tem se mostrado em franca expansão, principalmente devido aos diversos problemas ambientais decorrentes do uso dos combustíveis fósseis e da ampliação das hidroelétricas com reservatórios. Em função disso o Setor Elétrico tem promovido diversos leilões de energia nova provenientes de fontes eólica e solar.

O aproveitamento da energia solar para a produção de energia elétrica pode ser efetuado por meio da transformação da radiação solar diretamente em energia elétrica pelo processo fotovoltaico, ou pelo aproveitamento da energia solar térmica proveniente da tecnologia de concentração da radiação solar direta, produzindo vapor e integrando um ciclo termodinâmico convencional turbo-gerador para produção de eletricidade.

A CHESF, por meio da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável entre o Brasil e a Alemanha, está participando do programa "Energia Heliotérmica", que tem como objetivo fornecer recursos para medidas de mitigação das mudanças climáticas no marco da modalidade de financiamento para promover tecnologias favoráveis à proteção do clima global (*Deutsche Klima- und Technologieinitiative* - DKTI).

No âmbito do DKTI-CSP, O Banco de Desenvolvimento Alemão - KfW e a CHESF assinaram um termo de cooperação a fim de acordar medidas concretas para a preparação de um eventual investimento em uma usina piloto usando a tecnologia Heliotérmica CSP (*Concentrated Solar Thermal Power*) em escala industrial (30 – 50

(\*) Rua Delmiro Gouveia, n° 333, Bloco C, Sala 234, San Martin, CEP 50761-901, Recife, PE, – Brasil  
Tel: (+55 81) 3229-3248 – Fax: (+55 81) 3229-3350 – Email: easodre@chesf.gov.br

MWe) no Nordeste do Brasil. A disponibilização de recursos financeiros à CHESF, pelo KfW, resultou em serviços de consultoria com o objetivo de otimizar o processo de medições solarimétricas e a seleção de localidades para instalação de estações solarimétricas em quinze subestações da CHESF. O governo Alemão também está contribuindo financeiramente por meio da Agência Internacional de Cooperação Alemã (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ*), na modalidade de cooperação técnica, em coordenação conjunta com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

A CHESF portanto, empreendeu a instalação de uma rede de estações solarimétricas em todos os estados do Nordeste, exceto Maranhão. Estas estações já estão em plena operação e já fazem as medições e a transmissão dos dados, de forma automática, para serem avaliados pela empresa. A Rede CHESF de Medição Solarimétrica foi implantada e comissionada visando à certificação das informações dentro das melhores práticas internacionais, contando com o apoio do GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) [1].

Nesse contexto, sabe-se que é de extrema importância para a viabilidade do negócio solar, compreender o recurso numa escala de longo prazo. O conhecimento da quantidade, do tempo e da variabilidade (incluindo valores mínimos históricos), tem influência direta sobre os cálculos da eletricidade produzida e, portanto, sobre o fluxo de receita do negócio. Além disso, como a fonte de energia solar varia de acordo com as estações, é também importante conhecer a sazonalidade deste recurso, não somente para projetar com precisão o fluxo de caixa mensal (que é um requisito típico dos credores), mas também para tomadas de decisões estratégicas para maximização das receitas caso os contratos de comercialização contenham componentes de preços sazonais.

Este artigo discute o desenvolvimento de um Banco de Dados Solarimétricos Financiável, e discute também a natureza das incertezas nos vários constituintes desse Banco de Dados. Em primeiro lugar, na Seção 2. é apresentado de forma breve o Sistema da Qualidade das medições solarimétricas da CHESF. A Seção 3. explicita a questão sobre o valor limitado de se usar arquivos TMY (Typical Meteorological Year) para configurar um conjunto de dados financiável. São discutidas, de forma breve, as questões de interesse do ponto de vista financeiro para contextualizar o trabalho realizado. Em seguida, na Seção 4. é examinada a importância dos dados medidos, sendo desenvolvido o método para correlacionar os dados medidos em solo com um banco de dados de longo prazo (normalmente dados de satélite). O objetivo é combinar/correlacionar a maior precisão das medições solarimétricas em solo com o conjunto de dados derivados de satélite. Por fim, a Seção 5. apresenta a conclusão de todas as questões discutidas anteriormente, resumindo-se as principais contribuições do trabalho.

## 2.0 - SISTEMA DE QUALIDADE

Avaliação do recurso solar é baseada em dados medidos em solo ou dados de satélite, no entanto, como em qualquer medição, existem erros e incertezas nesse processo. Consequentemente, os dados de irradiação solar podem apresentar uma baixa confiabilidade e na maioria das vezes essas séries temporais medidas contêm valores questionáveis, mesmo embora tenha havido um controle técnico preliminar durante a etapa das medições.

Em face dessa realidade, a CHESF tem desenvolvido um Sistema de Controle da Qualidade para cuidar da confiabilidade das suas medições solarimétricas. Esse Sistema tem como objetivo desenvolver processos e software para realizar o controle da qualidade dos dados das estações solarimétricas. Além disso, como os empreendimentos de energia solar geralmente necessitam de séries contínuas de dados de radiação, procedimentos adicionais também foram criados para preencher os valores ausentes dos dados medidos (dados inicialmente faltando ou removidos através dos controles da qualidade).

A técnica de medição da energia solar é conhecida como aquela que mais apresenta lacunas (gaps) quando da elaboração de séries temporais de dados medidos. Lacunas podem ocorrer devido à perda de potência, desalinhamento dos instrumentos de medição, falta de limpeza na superfície desses instrumentos de medição, dentre outros fatores. Procedimentos de verificação da qualidade identificam tais avarias e marcam os dados não confiáveis por "flags". Mesmo estações solarimétricas bem conservadas, com bons equipamentos, usualmente sofrem lacunas de qualidade nos dados medidos.

Vale ressaltar que, conforme a Portaria MME nº 21, de 18 de Janeiro de 2008 em seu Art. 6º-B., a partir de 2016, será necessária a apresentação de histórico de medições contínuas de irradiação global horizontal, por período não inferior a doze meses consecutivos, realizadas no local do empreendimento, integralizadas a cada minuto, para empreendimentos fotovoltaicos, sem tecnologia de concentração da irradiação.

E, conforme a Portaria citada anteriormente, para empreendimentos heliotérmicos ou fotovoltaicos com tecnologia de concentração da irradiação, será necessária a apresentação de histórico de medições contínuas de irradiação direta normal, por período não inferior a doze meses consecutivos, realizadas no local do empreendimento, integralizadas a cada minuto. Sendo exigido, a partir de 2018, período de medições não inferior a trinta e seis meses consecutivos.

Podem ser vistos na Figura 1. os valores de irradiação solar medidos numa estação da CHESF durante 7 dias. Nesta figura estão apresentados os valores de GHI (Global Horizontal Irradiance), DNI (Direct Normal Irradiance) e DHI (Diffuse Horizontal Irradiance).

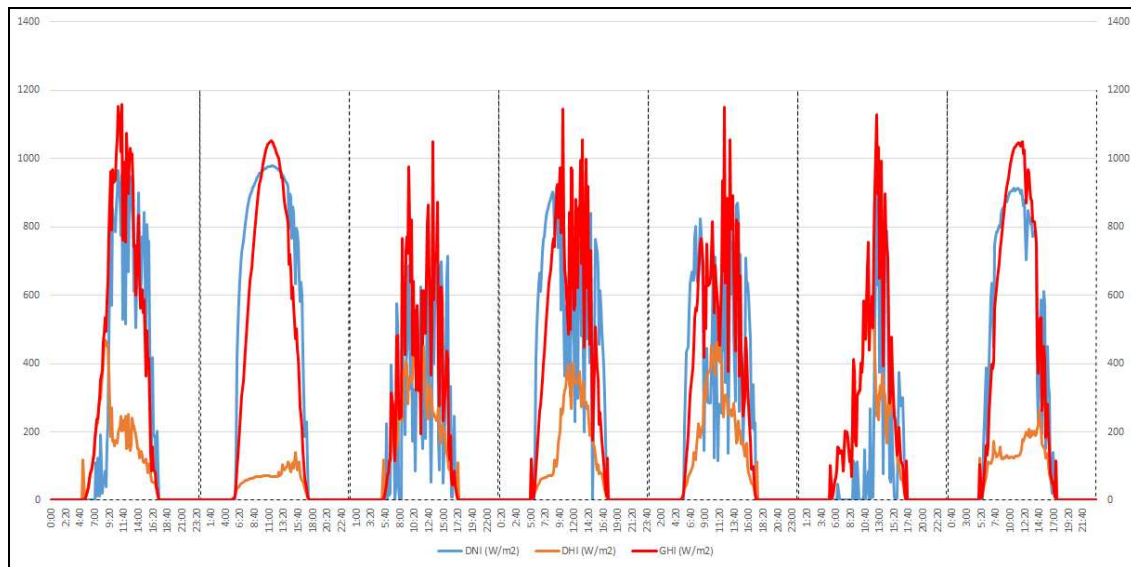


FIGURA 1 – Medições de GHI, DHI e DNI

Mesmo tendo-se nas estações solarimétricas bons equipamentos de medição, usualmente as séries temporais dos dados medidos apresentam a existência de lacunas, as quais podem ter uma faixa de duração que vai de alguns minutos até vários dias. A depender da duração desse intervalo sem ocorrência de medição, e do tipo de parâmetros não registrados, vários procedimentos podem ser usados para preenchimento dos intervalos cujas medições não foram registradas (gaps). Dessa forma, torna-se de grande importância o preenchimento das lacunas, com inexistência de parâmetros medidos, com valores que apresentem certo grau de confiabilidade, de forma a serem utilizados nos estudos de desempenho de energia solar [2].

O controle da qualidade dos dados medidos em estações solarimétricas, tem a finalidade de excluir dados medidos incorretamente ou pouco prováveis de ocorrer, monitorar o sistema de medição e garantir a operação e manutenção correta desses dados, obtendo-se dessa forma, dados meteorológicos de alta precisão. Em sendo assim, visando obter dados meteorológicos com alta precisão e sem lacunas, o método de Gap Filling visa preencher as lacunas dos dados que foram excluídos, ou aqueles que estão incorretos.

A Figura 2. ilustra de forma resumida o fluxograma do Sistema da Qualidade Solarimétrica da CHESF. E a Figura 3 ilustra um resultado da avaliação do Sistema da Qualidade para o mês de junho de 2014, para a estação solarimétrica de Bom Nome, onde pode ser observada a detecção de um problema com o rastreador da estação, tendo sido esse problema prontamente resolvido pela equipe de manutenção e operação das estações solarimétricas.

### 3.0 – TMY (TYPICAL METEOROLOGICAL YEAR) E O CÁLCULO DO P50/P90

O conjunto TMY é composto por 12 meses meteorológicos típicos (janeiro a dezembro), que são concatenados para formar um único ano (ou seja, uma série de registro de dados completa). Estes conjuntos de dados mensais contem medições meteorológicas reais, embora alguns registros horários possam conter dados preenchidos ou interpolados para os períodos em que as observações originais estão ausentes.

O método para construção do TMY [3] é uma abordagem empírica que seleciona meses de forma individual a partir de diferentes anos que existem nos registros de longo-prazo. Por exemplo, caso o registro de longo-prazo contenha 30 anos de valores de irradiação, então para ser criado o janeiro da série anual TMY são avaliados todos os 30 janeiros disponíveis, e aquele janeiro julgado mais típico será o escolhido para o TMY. Os outros meses são tratados da mesma maneira, e então são selecionados os 12 meses típicos que serão concatenados para completar a série anual.

Os 12 meses típicos selecionados para criação do TMY são escolhidos por meio de critérios estatísticos, considerando-se cinco elementos: radiação global horizontal, radiação direta normal, temperatura de bulbo seco, temperatura do ponto de orvalho, e velocidade do vento. Estes elementos são considerados os mais importantes

para a simulação de sistemas de conversão de energia solar.

Uma vez que o algoritmo TMY atribui prioridade para os elementos de radiação solar, os meses seleccionados podem ou não serem típicos para outros elementos. Por exemplo, a cobertura de nuvens, que se correlaciona bem com a radiação solar, é razoavelmente típico. Outros elementos que não estão relacionados com os elementos utilizados para a seleção podem não possuir valores típicos. Além disso, mesmo que a velocidade do vento tenha sido utilizada na seleção dos meses típicos, o fator de ponderação da velocidade do vento para escolha nos critérios estatísticos é relativamente baixo em relação aos outros elementos.

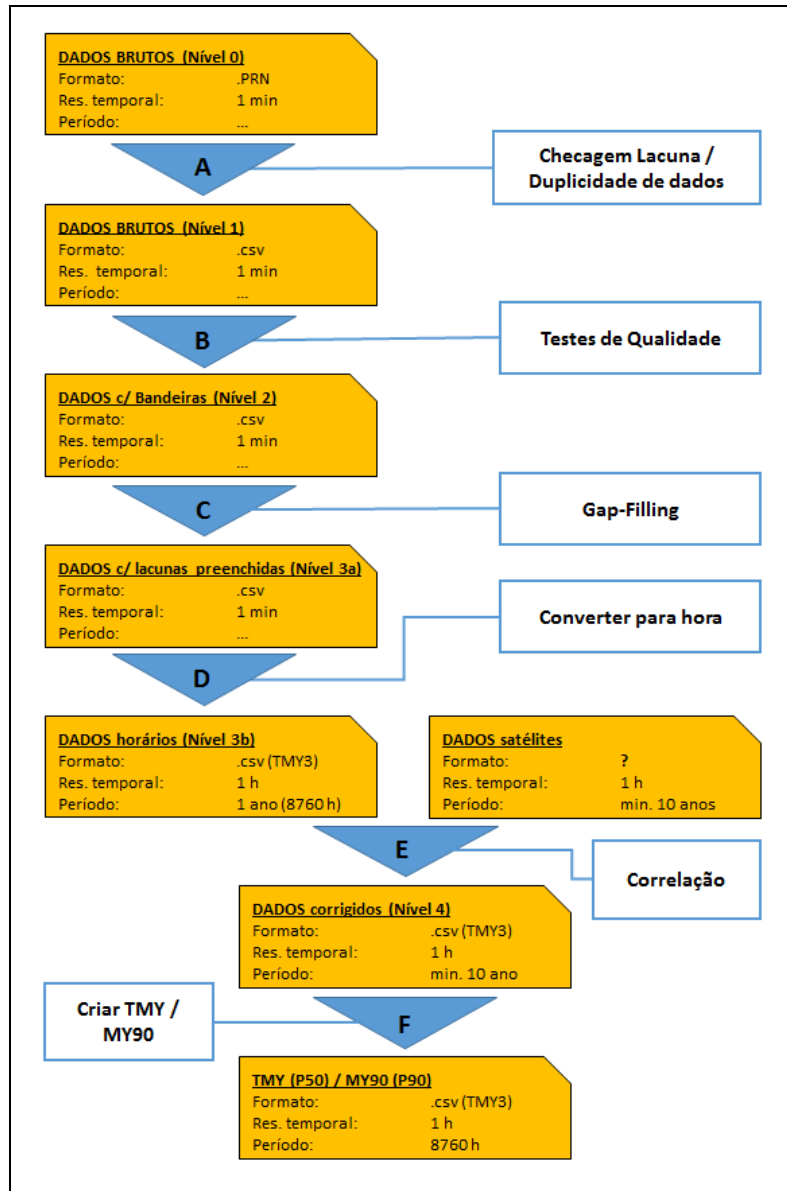


FIGURA 2 – Fluxograma Básico do Sistema de Qualidade CHESF

O uso que comumente se dá ao TMY, conforme [3], é para simulações computacionais de sistemas de conversão de energia solar com o intuito de facilitar a comparação de diferentes tipos de sistemas e configurações de desempenho. Porque o TMY representa valores típicos em vez de condições extremas, eles não são adequados para a análise que tenha como objetivo atender às piores condições de geração [4].

O conjunto de dados TMY é adequado para as avaliações iniciais e não constitui, necessariamente, um conjunto de dados financiável e por isso é necessário utilizar os bancos de dados de longa duração correlacionados a partir de dados de satélite. As simulações computacionais baseadas em conjuntos de dados TMY representativas do recurso solar durante um período de vários anos pode levar a valores de P50 superestimados [5].

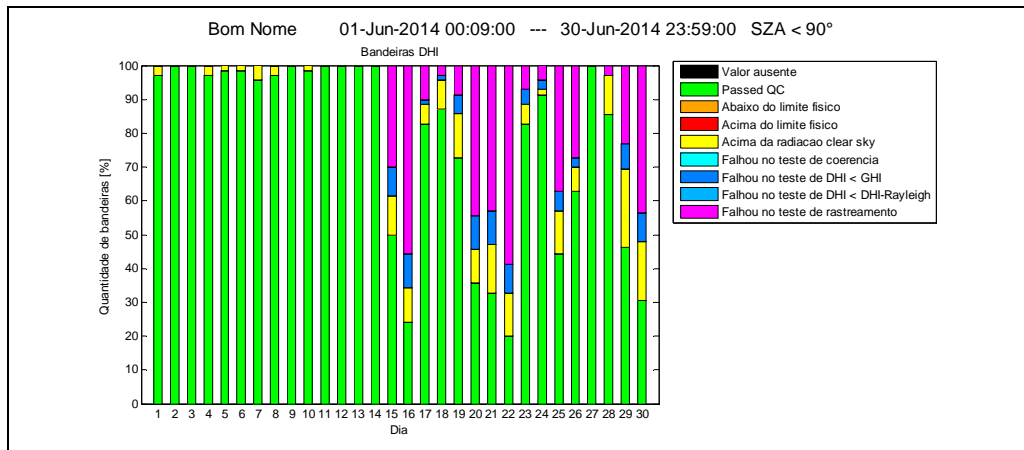


FIGURA 3 – Testes das Bandeiras

Ou seja, conforme a literatura especializada, se for utilizado o TMY para o cálculo de energia de uma planta solar, esta energia não pode ser tomada exatamente como o P50 da planta considerada. O P50 é a probabilidade de que um certo valor de energia seja ultrapassado em base anual. Por exemplo, um valor P50 de 100 MWmed para a produção anual de um sistema de energia solar, significa que existe uma probabilidade de 50% que a geração anual do sistema irá ser maior do que 100 MWmed. Da mesma forma, um valor P90 de 100 MWmed significa que o sistema é susceptível de gerar mais de 100 MWmed no ano com 90% de chance. Para a análise de usinas de energia solar, o P50/P90 são valores de probabilidades de produção anual de eletricidade anual e fornecem informações indispensáveis para a análise financeira de um projeto solar [5].

Conforme a legislação brasileira, Portaria MEE Nº 258, de 28 de julho de 2008, que define a metodologia de cálculo da garantia física de novos empreendimentos solares de geração de energia elétrica, a Garantia Física (GF) de Energia das Usinas Solares Fotovoltaicas será calculada pela aplicação da seguinte fórmula:

$$GF = \frac{[P50_{ac} \times (1 - TEIF) \times (1 - IP) - \Delta P]}{8760}$$

Onde:

GF = Garantia Física de Energia, em MW médio;

P50ac = produção anual de energia certificada, em MWh, referente ao valor de energia anual com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a cinquenta por cento, constante da Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia;

TEIF = Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada;

IP = Indisponibilidade Programada;

$\Delta P$  = Estimativa Anual do Consumo Interno e Perdas Elétricas até o Ponto de Conexão da Usina Solar Fotovoltaica com o Sistema Elétrico, em MWh;

Vê-se a importância do cálculo correto do P50 da energia da planta fotovoltaica. Além disso, o P50 deve considerar o abatimento das perdas relacionadas a temperatura, sujeira, sombreamento angulares e espectrais dos módulos solares (ou do campo solar para tecnologia termosolar), degradação dos módulos, mismatch, tolerância sobre a potência nominal dos módulos, perdas ôhmicas na cablagem, eficiência do inversor entre outras.

Existem duas formas para o cálculo do P50/P90, conforme [5]. O primeiro método de cálculo de probabilidades consiste em ajustar ao conjunto de dados uma distribuição de probabilidade padrão (distribuição normal), e calcular o valor P50 ou P90 a partir da equação analítica da distribuição normal. Um segundo método funciona melhor quando os dados não são distribuídos normalmente, como é o caso de dados de recursos solares ao longo de muitos anos, onde eventos discrepantes, como erupções vulcânicas e padrões solares cíclicas podem distorcer os dados.

Neste segundo método, nenhuma distribuição de probabilidade estatística particular é assumida para ajustar os dados. Ao invés disso, é “construída” uma CDF (cumulative distribution function) empírica em que os dados são utilizados para calcular os valores de P50 e P90. O software SAM (System Advisor Model) do NREL (National Renewable Energy Laboratory) calcula o P50/P90 utilizando os dois métodos [6]. O SAM executa uma simulação

de hora em hora para cada ano, no conjunto de dados, para calcular a geração anual do sistema. Para o primeiro método, o SAM calcula a CDF da distribuição normal a partir da média e desvio padrão dos valores, e para o segundo método, o SAM calcula a CDF empírica.

#### 4.0 – CORRELAÇÃO

A metodologia básica para a obtenção de uma estimativa adequada do recurso solar anual para análise da viabilidade técnico-econômica de uma planta de geração, consiste na aquisição de medidas de longo prazo disponíveis no local em que planta solar será instalada. Tais medidas podem ser derivadas de satélite ou de estações vizinhas. Quando medidas locais de irradiação solar de curto prazo (anuais) estão disponíveis, elas podem ser usadas para reduzir a incerteza das estimativas através dos conhecidos cálculos de correlação. O processo de correlação torna-se crítico na viabilidade do projeto e nas etapas de “*due diligence*” [7].

Existem três métodos clássicos pelos quais podemos combinar os dados de curto e de longo prazo para obter uma estimativa mais precisa do recurso solar a longo prazo. Esta estimativa, como visto é indispensável para os estudos de viabilidade do projeto.

O primeiro método é a correlação linear [8]. O segundo método é a combinação de dois diferentes conjuntos de dados ponderados um contra o outro, conforme sugerido por Meyer *et. al.* [9]. Esta ponderação é baseada na função distribuição acumulada inversa, assumindo que a distribuição normal dos dados verdadeiros e os desvios são estatisticamente independentes. O método de Meyer tenta correlacionar, na verdade, as distribuições de frequência das duas séries temporais (a série de curto-prazo e a série de longo-prazo), notando que a distribuição de frequências das irradiações solares é que tem uma grande influência na geração de energia das plantas. As diferenças entre as duas curvas de CDF (dados de treinamento) são então aplicadas na série de longo prazo (dados de satélite) produzindo uma série temporal de longo prazo corrigida.

Apesar do grande avanço nas técnicas de correlação de dados solares advindas da proposta de Meyer *et. al.* [9] e seus desenvolvimentos posteriores [10], o trabalho de Killius and Schroedter-Homscheidt [11] demonstrou que existem significativos “*biases*” otimistas nos resultados do DNI do Método de Meyer.

Um método para reduzir os erros de “*bias*” para perto de zero, e, especialmente, para minimizar os desvios dos valores mais elevados de radiação que são usados para fins de projeto da planta de geração, foi apresentado por Meislinger, *et al.* [12]. A base do método de Meislinger é aplicar uma relação polinomial de terceira ordem ao invés de um modelo de regressão simples, para ter em conta tanto os erros sistemáticos quanto os erros aleatórios. O Método de Meislinger também apresenta melhorias significativas nas diferenças entre os dados medidos e modelados com altos valores de irradiância. No entanto, para validar este método ainda são necessários teste adicionais em diferentes zonas climáticas e topográficas [7].

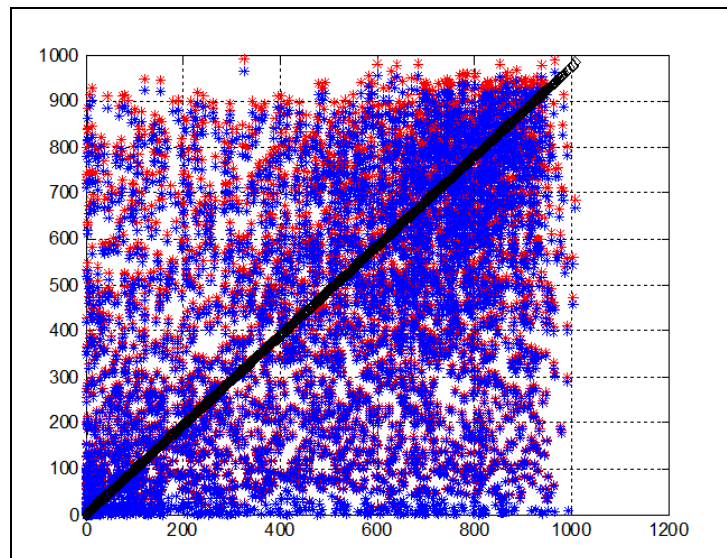


FIGURA 4 – Correlação Linear

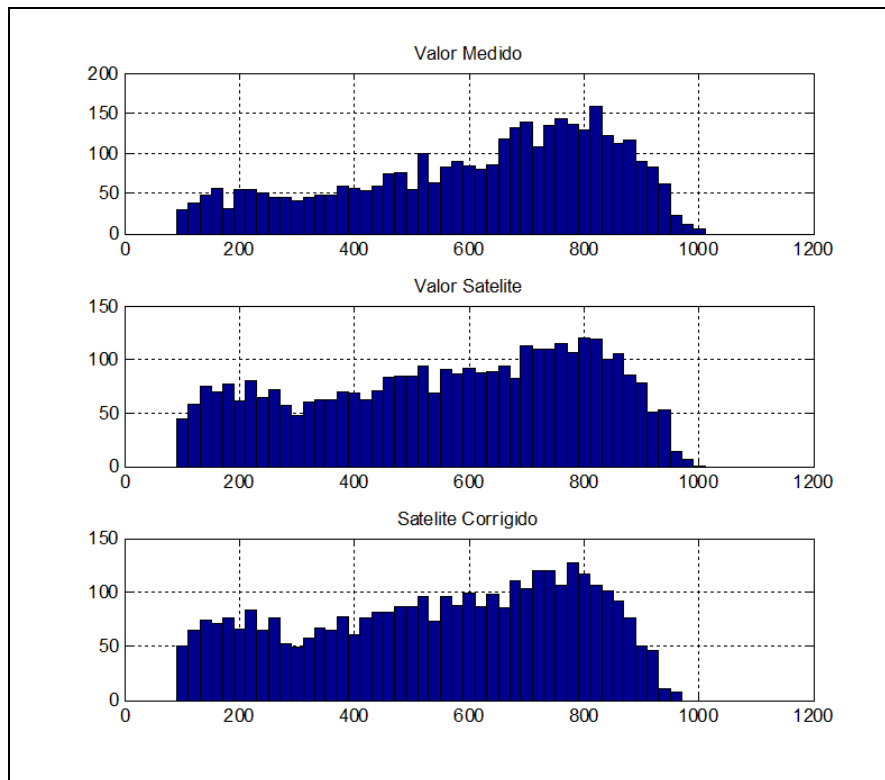


FIGURA 5 – Distribuição de Probabilidades dos Valores Correlacionados.

A CHESF estudou alguns métodos de correlação, tais como, Linear [8], Mieslinger [12] e Redes Neurais Artificiais [13], tendo encontrado melhores resultados para a correlação linear, conforme Figuras 4. e 5. Na Figura 4. é apresentada a correlação linear para valores horários de DNI numa série temporal anual. No eixo x estão os dados médios e no eixo y os dados de satélite. Os valores em vermelho são os dados originais de DNI e os valores em azul são os dados corrigidos. A função linear que relaciona os dados medidos com os dados de satélite é apresentada em preto.

Na Figura 5. são apresentadas as Distribuições de Probabilidade para três séries temporais de 1 ano dos valores de DNI: os valores medidos; os valores de satélite; e os valores de satélite corrigidos.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Um conjunto de dados confiável consiste basicamente numa série de longo prazo de irradiação solar com o maior padrão de qualidade possível. Todo este processo começa com a instalação de uma boa Estação Solarimétrica em local adequado e com bons instrumentos de medição. Especificamente, devem ser adquiridos os instrumentos de maior precisão (SO 9060 secondary standard), e devem ser levados em conta também todos os níveis de esforços necessários para operação e manutenção das Estações Solarimétricas, conforme recomendações dos fabricantes, com os custos envolvidos.

Ter uma boa medição e um bom sistema de controle da qualidade dessas medições é indispensável para garantir o melhor P50/P90 da energia do projeto, seja fotovoltaico ou termossolar. Os valores P50 e P90 de probabilidade de geração são baseados em muitos anos de dados meteorológicos através de uma correlação de longo prazo. Dados de irradiação solar medidos em terra são utilizados no processo de correlação para melhorar o conjunto de dados de longo prazo, validando os dados por satélite. As estimativas estatísticas da quantidade de energia que uma usina vai gerar no futuro, são necessárias para determinar o risco financeiro de um projeto.

Vale ressaltar ainda, que uma Estação Solarimétrica mesmo tendo sido mal instalada, operada e mantida, rende dados de medição terrestres que ainda podem ser tratados através de um bom Sistema da Qualidade. Este Sistema pode extrair os erros sistemáticos dos dados medidos, apesar de o desvio-padrão da energia gerada não diminuir consideravelmente. Um conhecimento profundo das incertezas e precisão do conjunto de dados é importante. Quando as medições e o Sistema da Qualidade são analisados para o financiamento, isso afeta diretamente o risco envolvido.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - José Bione de Melo Filho, Pedro Bezerra Carvalho e João Donizete Metidieri, “**Rede Solarimétrica da Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF**”, V Congresso Brasileiro de Energia Solar – Recife, 31 a 03 de abril de 2014.
- [2] Alcides Codeceira Neto, E. Sodré, Pedro Bezerra, José Bione Filho e Nicolaj R ttinger, “**Gap Filling de Dados Solarimétricos Utilizando Redes Neurais Artificiais**”, XXIII SNTPEE, 18 a 21 de outubro de 2015, Foz do Iguaçu, PR.
- [3] - S. Wilcox and W. Marion, “**Users Manual for TMY3 Data Sets**”, Technical Report NREL / TP-581-43156, Revised May 2008.
- [4] - Frank Vignola, Cathy Grover and Nick Lemon, “**Building a Bankable Solar Radiation Dataset**”, Proc. Solar 2011, American Solar Energy Society, Raleigh, NC, 2011.
- [5] - A. Dobos, P. Gilman, and M. Kasberg, “**P50/P90 Analysis for Solar Energy Systems Using the System Advisor Model**”, Presented at the 2012 World Renewable Energy Forum, Denver, Colorado, May 13-17, 2012.
- [6] – SAM (System Advisor Model), provided by the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Version 2014.1.14. Disponível gratuitamente em: <https://sam.nrel.gov>.
- [7] - M. Sengupta, A. Habte, S. Kurtz, et al., “**Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications**”, NREL Technical Report, NREL/TP-5D00-63112, February 2015.
- [8] - Cesar Hidalgo and Stefan Mau, “**Findings in the Correlation of Ground Measured Irradiance Data with Satellite Derived Data**”, EQ International, July/August 2012.
- [9] – R. Meyer, J. Torres Butron, G. Marquardt, M. Schwandt, N. Geuder, C. Hoyer-Klick, E. Lorenz, A. Hammer, and H. G. Beyer, “**Combining Solar Irradiance Measurements and Various Satellite- Derived Products to a Site-Specific Best Estimate**” SolarPACES Conference Proceedings, March 4–7, 2008, Las Vegas, Nevada.
- [10] - Kathrin Schumann, Hans Georg Beyer, Kaushal Chhatbar, and Richard Meyer, “**Improving Satellite-Derived Solar Resource Analysis with Parallel Ground-Based Measurements**”, Proc. of the ISES Solar World Congress, Kassel, Germany, Aug. 30 to Sep. 1, 2011.
- [11] – N. Killius, and M. Schroedter-Homscheidt, “**Data Fusion of Satellite and Ground Measurement Time Series**”, EU-Project Report ENDORSE D3.5—Part B, September 2012.
- [12] – T. Mieslinger, F. Ament, K. Chhatbar, and R. Meyer, “**A New Method for Fusion of Measured and Model-Derived Solar Radiation Time Series**” International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry Proceedings; September 23-25, Freiburg, Germany; Energy Procedia (48); pp. 1,617–1,626. 2014
- [13] - K.S. Reddy and Manish Ranjan, “Solar Resource Estimation Using Artificial Neural Networks and Comparison with Other Correlation Models”, Energy Conversion and Management 44 (2003) 2519–2530.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Eduardo de Aguiar Sodré** possui D.Sc. em Engenharia Elétrica pela UFCG,   professor da Escola Politécnica de Pernambuco da UPE e Engenheiro da Divisão de Fontes Alternativas de Gera o (DEFA) da CHESF. (<https://sites.google.com/site/easodre/>).

**Alcides Codeceira Neto** possui M.Sc e Ph.D. em Engenharia Mecânica pela Cranfield University - Inglaterra,   professor da Escola Politécnica de Pernambuco da UPE e Assessor do Departamento de Tecnologia e Desenvolvimento de Alternativas de Gera o (DTG) da CHESF.

**Pedro Bezerra de Carvalho Neto**   Gerente do Departamento de Tecnologia e Desenvolvimento de Alternativas de Gera o (DTG), da Superintendência de Projetos e Constru o da Gera o da CHESF.

**José Bione de Melo Filho** possui D.Sc em Tecnologias Energéticas Nucleares pela UFPE,   professor do Instituto Federal Pernambuco – IFPE e Gerente da Divisão de Eficiência Energética e Desenvolvimento Tecnológico (DEED) da CHESF.

**Nicolaj R ttinger**   Engenheiro pela Universidade de Stuttgart, tendo desenvolvido Estudos Técnicos na área de Energia Solar para a Agência Internacional de Coopera o Alemã – GIZ.