ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/344382141

Rede SONDA de dados de recursos de energia solar e eólica

Conference Paper · September 2020

CITATIONS
0

READS
43

8 authors, including:

Marcelo Pes
National Institute for Space Research, Brazil
20 PUBLICATIONS **70** CITATIONS
SEE PROFILE

Enio Pereira
National Institute for Space Research, Brazil
258 PUBLICATIONS **2,255** CITATIONS
SEE PROFILE

Rodrigo S. Costa
National Institute for Space Research, Brazil
39 PUBLICATIONS **233** CITATIONS
SEE PROFILE

André Rodrigues Gonçalves
National Institute for Space Research, Brazil
35 PUBLICATIONS **266** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Cadeira de Rodas Infantil Automatizada - CRIA View project

Project INCT - Mudancas Climáticas View project

All content following this page was uploaded by Fernando Ramos Martins on 26 September 2020.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Rede SONDA de dados de recursos de energia solar e eólica

Marcelo Pizzuti Pes[1]
Enio Bueno Pereira[1]
Rodrigo Santos Costa[1]
André Rodrigues Gonçalves[1]
Fernando Ramos Martins[2]
Guilherme Bággio Martins Machado[1]
Filipe Loyola Lopes[1]
Silvia Vitorino Pereira[1]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
[2]Universidade Federal de São Paulo

RESUMO

Diferentemente de fontes convencionais, energia solar e eólica são intermitentes e possuem alta variabilidade temporal devido a sua forte relação com clima e movimentos da Terra. O conhecimento sobre a distribuição temporal e espacial é essencial, mas não suficiente para consolidar essas fontes. A variabilidade das fontes solar e eólica impactam nos aspectos técnicos, econômicos, de segurança e qualidade da rede, e assim, informações mais confiáveis são necessárias. Informações dos processos radiativos e dinâmicos da atmosfera são também essenciais para validar modelos e avaliar ambos os recursos de energia citados. Para atender a demanda por dados e informações baseadas cientificamente, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) criou o Sistema de Organização de Dados Ambientais, a Rede SONDA, em 2002. O website da Rede SONDA fornece acesso gratuito a medida de dados solar e eólico de superfície e seus metadados.

Palavras-chave: Solar, Eólica, Energia, Rede SONDA, dados.

ABSTRACT

Unlike conventional energy sources, solar and wind energies are intermittent and have a high spatial variability due to their strong relationship with weather and with Earth's movements. Knowledge about the spatial and temporal distribution of these sources is essential, but not enough to harness these energy resources. Solar and wind resource variability impacts on technical and economical, quality and security aspects of the power grid, and thus, reliable resource information is required. Information on radiative

and dynamic processes in the atmosphere is also essential to validate models for evaluating both energy resources. To meet the demand for reliable data and scientifically based information, the Brazilian Institute for Space Research (INPE) implemented the Environmental Data Organization System, the SONDA network, in 2002. The SONDA website provides free access to wind and solar ground measurement data and their metadata information.

Keywords: Solar, Wind, Energy, SONDA Network, data.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento humano, como indicado por parâmetros socioeconômicos, está fortemente relacionado ao consumo per capita de energia, de modo que um forte aumento na demanda de energia é esperado nas próximas décadas, como resultado da melhoria das condições de vida em economias emergentes como o Brasil (Asif, M e T. Muneer, 2007). O aumento da demanda de energia suscita discussões em diversas áreas do conhecimento humano, da economia ao desenvolvimento de tecnologia e segurança ambiental. Estudos relatados pelo IPCC (2011) chamam a atenção para a importância de uma transição energética ao longo das próximas décadas, não somente a fim de reduzir as emissões de gases de efeito estufa como também como forma de garantir uma segurança energética. Esta transição aponta na direção da diversificação do setor de geração para outras formas complementares de energia, para reduzir a grande dependência da geração elétrica do potencial hidráulico e de usinas a combustível fóssil. Dentre as opções disponíveis para a geração de energia estão as fontes renováveis solar e eólica. Contudo, essas fontes dependem fortemente das condições climáticas e de um levantamento especializado das condições operacionais para o uso. Devido a essa variabilidade as energias solar e eólica ainda enfrentam alguns obstáculos. Alguns são inerentes a todas as novas tecnologias, outros são o resultado da falta de um conhecimento cientificamente embasado sobre essas fontes. Há um consenso há muito tempo no setor de energia elétrica de que a geração de eletricidade eólica e solar não é confiável e é intermitente a tal ponto de nunca poder contribuir significativamente para o fornecimento de energia segura e a baixo custo.

Para reduzir a falta de informação, o Centro de Ciências do Sistema Terrestre do Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (CCST / INPE) trabalha em atividades de pesquisa relacionadas à avaliação de recursos solares e eólicos desde a segunda metade da década de 90. Após o projeto SWERA, financiado pelo PNUMA (Brew-

Hammond, 2011), o INPE iniciou o projeto SONDA (Sistema de Organização de Dados Ambientais para o setor de energias) que estabeleceu uma rede nacional de coleta de dados sobre radiação solar, vento e dados ambientais, com o objetivo de permitir caracterizar melhor esses recursos no Brasil. Iniciado em 2001 e com sua primeira estação de coleta operacional no ano de 2004, contou com o financiamento inicial da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e tem sido mantido operacional até hoje com o suporte financeiro do Petrobras através de vários projetos vinculados ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica da ANEEL.

A rede SONDA foi projetada para fornecer dados meteorológicos e solarimétricos confiáveis em apoio ao setor energético brasileiro. Os locais de medição estão estrategicamente localizados para avaliar e caracterizar o recurso de energia solar em todas as condições climáticas regionais típicas em território brasileiro. A Rede é atualmente coordenada pelo Centro do Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE) através do LABREN (Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia). Todo o banco de dados SONDA é entregue para acesso público e pode ser usado como referência para desenvolvimento em pesquisa, estudos, desenvolvimento de projetos e validação de modelos numéricos de levantamento desses recursos renováveis. Além disso, ao longo de suas atividades, a rede SONDA contribuiu com a formação de recursos humanos capacitando profissionais de diferentes áreas de formação.

Este artigo tem como objetivo descrever a rede SONDA, apresentando as características técnicas, operacionais, localização e configuração dos locais de medição e os procedimentos de controle de qualidade.

2. DESCRIÇÃO E OPERAÇÃO DA REDE SONDA

Atualmente a rede possui dez estações em operação sob a coordenação do INPE e quatro estações parceiras (Fig. 1). As estações SONDA estão divididas em três categorias: solarimétricas e anemométricas e estação de referência. Dentre as estações de referência, três delas fazem parte da rede internacional *Baseline Radiation Network* (BSRN). Ainda, a rede possui séries de dados de estações eólicas que não estão mais em atividade, porém os dados coletados permanecem disponíveis no site da rede em *http://sonda.ccst.inpe.br/infos/index.html*.

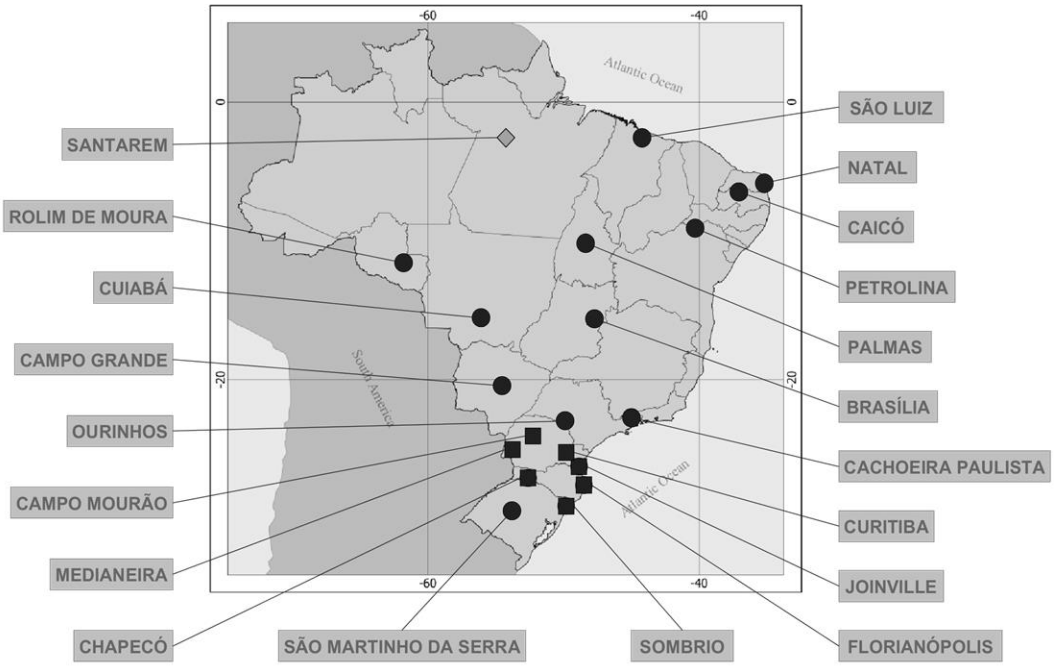

Figura 1 – Mapa ilustrando a localização das estações que compõem a Rede SONDA

As estações de coleta da rede possuem várias configurações, dependendo do local e de suas especificações técnicas. Estações solarimétricas de referência são vinculadas a redes internacionais como a BSRN (https://bsrn.awi.de/stations/listings/) e a AeroNet (https://aeronet.gsfc.nasa.gov) e são providas com a maior quantidade de sistemas de medida. São elas as de Brasília (DF), Petrolina (PE), Florianópolis (SC) e São Martinho da Serra (RS). A Figura 2 ilustra uma estação de referência (São Martinho da Serra).

Figura 2 – Foto da estação de coleta de dados solarimétricos e anemométricos de referência (torre anemométrica ao fundo) localizada em São Martinho da Serra.

A rede possui estações distribuídas espacialmente no território brasileiro de maneira a representar as principais regiões macroclimáticas do país: a região semiárida do Nordeste, a região do cerrado no Planalto Central, a região de clima temperado no

sul do Brasil e a região Sudeste. Para representar a região amazônica, uma estação solarimétrica está em fase de instalação dentro da área experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), 40 km a Sul da cidade de Santarém. Estima-se que essa estação estará em operação até o final de 2020.

Tabela 1 – Lista de estações que compõem a Rede SONDA

ID	Nome	Código	Instituição	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Operação
1	Florianopólis	FLN	LABSOLAR/UFSC	-27.60	-48.52	31	2004 até agora
4	Joinville	JOI	LABSOLAR/UFSC	-26.25	-48.86	48	2004 até 2015
5	Sombrio	SBR	LABSOLAR/UFSC	-29.10	-49.81	15	2003 até 2016
6	Chapecó	CHP	LABSOLAR/UFSC	-27.08	-52.61	700	2009
8	São Martinho da Serra	SMS	LABREN/INPE	-29.44	-53.82	489	2004 até agora
10	Brasília	BRB	LABREN/INPE	-15.60	-47.71	1023	2004 até agora
11	Petrolina	PTR	LABREN/INPE	-9.06	-40.32	387	2003 até agora
12	Campo Grande	CGR	LABREN/INPE	-20.44	-54.54	677	2004 até agora
16	São Luiz	SLZ	LABREN/INPE	-2.59	-44.21	40	2004 até agora
17	Natal	NAT	LABREN/INPE	-5.84	-35.20	58	2003 até agora
19	Palmas	PMA	LABREN/INPE	-10.18	-48.36	216	2004 até agora
20	Caicó	CAI	LABREN/INPE	-6.47	-37.08	176	2004 até agora
21	Cuiabá	CBA	LABREN/INPE	-15.56	-56.07	185	2004 até 2012
22	Belo Jardim	BJD	LABREN/INPE	-8.37	-36.43	718	2003 até 2005
23	Triunfo	TRI	LABREN/INPE	-7.83	-38.12	1123	2004 até 2007
25	São João do Cariri	SCR	LABREN/INPE	-7.38	-36.53	486	2006 até 2009
27	Rolim de Moura	RLM	LABREN/INPE	-11.58	-61.77	252	2007
28	Ourinhos	ORN	LABREN/INPE	-22.95	-49.89	446	2004 até agora
13	Cachoeira Paulista	CHP	LABREN/INPE	-22.95	-49.89	446	2016 até agora
29	Curitiba	CTB	LABENS/UTFPR	*-25.50*	*-49.31*	932	2019 até agora
30	Campo Mourão	CPM	LABENS/UTFPR	*-24.06*	*-52.38*	580	2019 até agora
31	Medianeira	MDA	LABENS/UTFPR	*-25.29*	*-54.11*	419	2019 até agora

Os seguintes critérios foram considerados para decidir os locais de medição:

1. Representatividade - a localização deve ser representativa de um clima regional típico do Brasil;
2. Segurança física - o local deve estar dentro de uma área fechada, sob supervisão da equipe de segurança;
3. Topografia e Obstáculos - as áreas devem estar livres de obstáculos físicos que possam afetar as medições e evitar áreas com orografia complexa do terreno;
4. Uso da terra - os locais devem estar localizados em áreas com baixa chance de mudanças no uso da terra durante a vida útil da estação para evitar futuros obstáculos não esperados que possam afetar os dados;
5. Eletricidade e Internet - áreas próximas à rede elétrica e dentro da área de cobertura dos serviços de INTERNET ou áreas cobertas por telefones celulares.

Estas estações dispõem de sensores para a coleta de dados das componentes da irradiação solar (difusa, direta e global), bem como radiação de onda longa

descendente; dados de radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Além dos dados relativos à radiação solar, as estações coletam dados meteorológicos básicos (temperatura do ar em 2, 25 e 50 metros, precipitação, umidade relativa do ar e pressão atmosférica) e dados eólicos (direção e velocidade) com sensores dispostos a alturas de 10, 25 e 50m em relação ao solo. Ainda, as estações estão equipadas com câmeras do tipo *allsky* para informações da fração de cobertura de nuvens e fotômetros solar da rede *Aerosol Robotic Network* (*AERONET/NASA*) para realizar a medida de aerossóis em suspensão na atmosfera.

Tabela 2 – Relação de sensores

Sensores	Referência	Solarimétrica	Solarimétrica e anemométrica
Fotômetro Solar	x		
Imaginador do céu	x	x	x
Irradiação Global	x	x	x
Irradiação Difusa	x	x	x
Irradiação Direta	x		
Onda Longa	x	x	
PAR	x	x	x
Temperatura do ar 2m	x	x	x
Umidade Relativa do ar	x	x	x
Pressão Atmosférica	x	x	x
Precipitação	x		x
Anemômetro a 10m	x		x
Anemômetro a 25m	x		x
Anemômetro a 50m	x		x
Temperatura a 25m	x		x
Temperatura a 50m	x		x

3. BANCO DOS DADOS COLETADOS

O banco de dados SONDA contém dois tipos de arquivos de dados, radiação solar e dados meteorológicos. Ambos são adquiridos com resolução de tempo de 1s e são calculados, em média, e armazenados com uma resolução de tempo de 1 minuto. Cada arquivo contém dados de um mês, o que corresponde a 1440 linhas por dia. O símbolo N / A (Não disponível) é usado para indicar que dados específicos não estão disponíveis devido a erro no sensor, problema eletrônico ou operação de manutenção. O símbolo N / S (sem sensor) é usado para indicar que o site não está equipado com esse sensor específico.

4. QUALIFICAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Os dados coletados pelas estações passam por um processo de qualificação antes de ser disponibilizado no website da rede que objetiva identificar os dados suspeitos para garantir a confiabilidade desses ao usuário.

Além de garantir a confiabilidade dos dados, o controle de qualidade permite que a equipe de manutenção identificar falhas e programar missões de manutenção.

O procedimento de controle de qualidade (CQ) usado para estações meteorológicas é uma adaptação dos critérios usados pelo Centro de Recursos Meteorológicos dos EUA (WBMET) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A adaptação foi necessária para se adequar aos tipos de clima prevalecentes no Brasil, tropical e subtropical. Para os dados de radiação solar, os critérios para CQ seguem os estabelecidos pela Baseline Surface Radiation Network (Driemel,et al., 2018). Assim como o World Radiation Monitoring Center (WRMC) procede com relação aos dados da BSRN, a rede SONDA não altera sua base de dados original. A execução do processo de controle de qualidade não corrige os dados, apenas sinaliza aqueles suspeitos de estarem incorretos, gerando um código de validação para cada dado coletado. Esses códigos numéricos de 4 dígitos são armazenados em arquivos a parte que podem ser obtidos e consultados pelos usuários, ficando a seu critério a utilização ou não do dado suspeito.

O processo de controle de qualidade é composto de quatro etapas sequenciais em função do o grau de complexidade. Os procedimentos têm como objetivo avaliar: (1) se o dado coletado é “fisicamente possível”, (2) se o dado coletado é “extremamente raro”, (3) se há “consistência” entre os dados coletados por vários sensores, e (4) resultados de “comparação com modelo”.

A aprovação em cada etapa é requisito para a continuidade do processo. Assim, somente quando um dado for considerado aprovado numa etapa, a etapa seguinte será iniciada. Se não houver aprovação, o processo será interrompido e o dado receberá o código equivalente a suspeito.

A presença de quatro dígitos “0” indica que os dados não foram submetidos a nenhum dos testes referidos.

Mais detalhes sobre os critérios e os algoritmos de controle de qualidade podem ser consultados em http://sonda.ccst.inpe.br/infos/validacao.html.

5. REESTRUTURAÇÃO E MODERNIZAÇÃO

5.1. Estações parceiras membros da Rede SONDA

Após dezesseis anos de operação, a Rede SONDA além de coletar os dados em campo e disponibilizá-los ao público, tornou-se também uma plataforma para divulgação de base de dados de estações parceiras e instituições que queiram fazer parte desse esforço de alavancar as energias renováveis no Brasil. Para isso, foram estabelecidos critérios para candidatos a membros da rede. Esses critérios abrangem os sensores utilizados (padrão e classe), sistema de coleta e armazenamento de dados, localização geográfica, logística, rotina de manutenção e calibração, padronização de arquivo de dados, etc. Ao enviar os arquivos de dados das estações a equipe da rede, estes passam por todas as etapas de qualificação e serão incluídos no banco de dados de onde serão disponibilizados para download no website da rede.

Em 2019, a partir da iniciativa da Universidade Técnica Federal do Paraná (UTFPR), três novas estações passaram a fazer parte da Rede SONDA. O LABREN prestou o apoio na forma de orientação técnica para a escolha de sensores, local e estrutura das estações de Curitiba, Medianeira e Campo Mourão e disponibilizou sua equipe de campo para participar da instalação da primeira estação de Curitiba – Campus Neoville.

5.2. Atualização das estações SONDA

O aprendizado com a operação da rede desde seu início e a evolução tecnológica nos últimos anos tornaram imperativa a necessidade de modernizar a rede como um todo. Esse esforço iniciou-se na segunda metade de 2018 e será concluído em 2021.

Diversos aspectos são objetos dessa reformulação, tais como:

1. Substituição de sistemas antigos de coleta e armazenamento de dados (datalogger) por versões com sistema de armazenamento maior e mais moderno e sistema de transmissão mais eficiente para o banco de dados;
2. Substituição de sistemas de rastreamento solar por versões mais precisas que fazem uso de GPS para atualização do horário, evitando assim desalinhamentos. As versões mais modernas de rastreadores solar possuem também opção de operar com 24Vdc, tornando o sistema mais econômico em termos de consumo de energia possibilitando o uso de energia fotovoltaica.

3. Substituição de anemômetros mecânicos analógicos por anemômetros sônicos digitais mais precisos e tempo de resposta mais rápido a variações na direção e velocidade do vento. Além disso, são menos susceptíveis a erros causados pelo cabeamento de transmissão de sinal;
4. Instalação de sistema de geração fotovoltaica em locais onde existe maior instabilidade da rede de distribuição elétrica;
5. Implementação de um banco de dados, o que tornará a coleta, controle de qualidade e divulgação mais eficiente, preciso e demandará menos recursos humanos para esse fim;
6. Ajustes estruturais das plataformas metálicas onde são montados os sensores para corrigir interferências de estruturas ao redor da estação, vibrações, etc.

Além desses aspectos citados, o LABREN tem buscado reafirmar as parcerias estabelecidas com as instituições que apoiam a rede por meio de acordos de cooperação. Devido à complexidade das estações, o apoio das instituições onde elas estão localizadas é um dos aspectos mais importantes e fundamentais para manter a sua operação e a qualidade dos dados coletados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho busca apresentar os aspectos gerais da Rede SONDA, incluindo sua distribuição geográfica, variáveis medidas, operação e parceiros. Além disso, foram apresentados aspectos referentes à modernização das estações as quais possibilitarão melhorias significativas na aquisição e tratamento dos dados para garantir maior qualidade destes e maior agilidade sua disponibilização ao usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M. ASIF, T. MUNEER. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, Issue 7, 2007, Pages 1388-1413, ISSN 1364-0321.

BREW-HAMMOND, A., UNEP GEF Project Solar and Wind Energy Resource Assessment - SWERA, United Nations Environment Programme, Evaluation Office, July 2011

BSRN (2004) Operations Manual version 2.1 World Meteorological Organization, World Climate research program. L. J. B. MacArthur

DRIEMEL, A. et al. Baseline Surface Radiation Network (BSRN): structure and data description (1992–2017), https://essd.copernicus.org/articles/10/1491/2018/

IPCC (2011), Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation,

EDENHOFER, O. et al. Technical Support Unit Working Group III Potsdam - Institute for Climate Impact Research (PIK) Intergovernmental Panel on Climate Change, ISBN 978-92-9169-131-9.

.

View publication stats