

# PROCEDIMENTOS DE VALIDAÇÃO DE DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR DA REDE ESTAÇÕES DO PROJETO SONDA:

*Chagas, R.C.<sup>1</sup>, Fernando R. Martins<sup>1</sup>, Ricardo A. Guarnieri<sup>1</sup>, Enio B. Pereira<sup>1</sup>, Sylvio M. Neto, Eliana S. Andrade<sup>1</sup>, Silvia Garcia<sup>1</sup>, Asiel Bomfin Jr.<sup>1</sup>, Jorge L. M. Nogueira<sup>1</sup>*

**RESUMO:** Este trabalho tem por intuito apresentar o procedimento de controle de qualidade utilizado nas estações do projeto SONDA (Sistema Nacional de Dados Ambientais para o setor de energia). A qualificação visa oferecer dados com maior confiabilidade, baseando-se nos critérios definidos pela WMO para a rede BSRN. Códigos de qualidade são atribuídos para cada dado coletado na rede SONDA com intuito de indicar a que procedimentos de controle de qualidade foi submetido e a avaliação encontrada. A seqüência de procedimentos foi estabelecida observando-se sua complexidade de modo que o processo de qualificação dos dados coletados parte do procedimento mais simples para os testes de maior complexidade. Uma vez que o dado é classificado como “Suspeito de Erro”, os testes de maior complexidade não são aplicados. Uma análise estatística preliminar dos resultados obtidos com a aplicação do programa para a estação localizada em São Martinho da Serra é apresentada neste artigo.

**ABSTRACT:** This article aims presenting the quality control program established to solar and eolic data acquired in SONDA (Brazilian Environmental Database System for energy sector) network. The main goal is to provide reliable ground data using quality codes for each collected data. The quality control program is based on similar criteria and bounds established by WMO for BSRN. Measured data receive a quality code in order to indicate if a ground data is trustworthy. Until now, three procedures are being applied to the SONDA database: physically possible, extremely rare events and across quantities verification. Preliminary results are shown for SONDA site operating in São Martinho da Serra (RS).

**Palavras-Chave:** energia solar, previsão de radiação solar, modelo Eta/CPTEC.

## INTRODUÇÃO

SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais para o setor de energia), é um projeto desenvolvido e coordenado pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) para implementação de uma rede de coleta de dados destinada levantar e melhorar a base de dados sobre os recursos de energia solar e eólica no Brasil. A base de dados gerada pelo projeto SONDA tem como objetivo principal dar suporte técnico-científico ao setor energético através do atendimento à demanda de informações confiáveis sobre os recursos renováveis de energia, e à capacitação de recursos humanos. O projeto SONDA possibilita a aquisição e aprimoramento do conhecimento científico sobre o potencial disponível dos recursos solar e eólico, bem como sobre a variabilidade dos recursos em função de causas naturais e antropogênicos.

---

<sup>1</sup> CPTEC/INPE, Av. dos Astronautas 1758, 12227-010, São José dos Campos (SP), (12)3945 6409 {rafael, fernando}@dge.inpe.br, {ricardog, eniobp@cptec.inpe.br}, [sylvio@labsolar.ufsc.br](mailto:sylvio@labsolar.ufsc.br), elian@cptec.inpe.br.

A rede SONDA possui um total de 25 estações, sendo que algumas ainda se encontram em fase de implantação. As estações SONDA estão divididas em 4 categorias: estações de referência, estações solares avançadas, estações solares básicas e estações eólicas. Informações detalhadas sobre a localização e a configuração das estações (lat./long, imagens da região e outros dados geográficos, equipamentos e sensores instalados) bem como acesso a base de dados coletados pode ser feita através de [www.cptec.inpe.br/sonda](http://www.cptec.inpe.br/sonda) [1].

Com o intuito de garantir a qualidade e a confiabilidade da base de dados disponibilizada pela rede SONDA, está em fase de implantação um programa de controle de qualidade que estabelece testes e critérios que os dados coletados devem atender. O programa de qualidade adotado para a base de dados radiométricos e fotométricos tem como base os critérios estabelecidos pela World Meteorological Organization (WMO) para a rede BSRN (Baseline Solar Radiation Network). A adoção desses critérios tem como objetivo, além de garantir a qualidade dos dados coletados, a inclusão das estações SONDA na rede BSRN em um futuro breve. A qualificação dos dados também serve como referência para a necessidade de manutenção e ajustes nos sensores de uma estação específica.

Este artigo tem como objetivo descrever sucintamente os testes e procedimentos empregados na validação dos dados coletados de irradiação solar na Rede SONDA e apresentar alguns resultados obtidos até o momento.

## **DADOS E METODOLOGIA**

### **Qualificação das medidas radiométricas e fotométricas**

O processo de qualificação dos dados obtidos pelas estações SONDA baseia-se na estratégia de controle de qualidade adotada pela BSRN (*Baseline Surface Radiation Network*). Assim como o WRMC (*World Radiation Monitoring Center*) [2] procede com relação aos dados da BSRN, o projeto SONDA não altera sua base de dados original, mas sim executa um método de controle de qualidade que não corrige os dados, apenas sinaliza aqueles suspeitos de estarem incorretos, gerando um código de qualificação para cada dado coletado. Os códigos de qualidade são armazenados em arquivos que podem ser obtidos e consultados pelos usuários, ficando a seu critério a utilização ou não do dado suspeito.

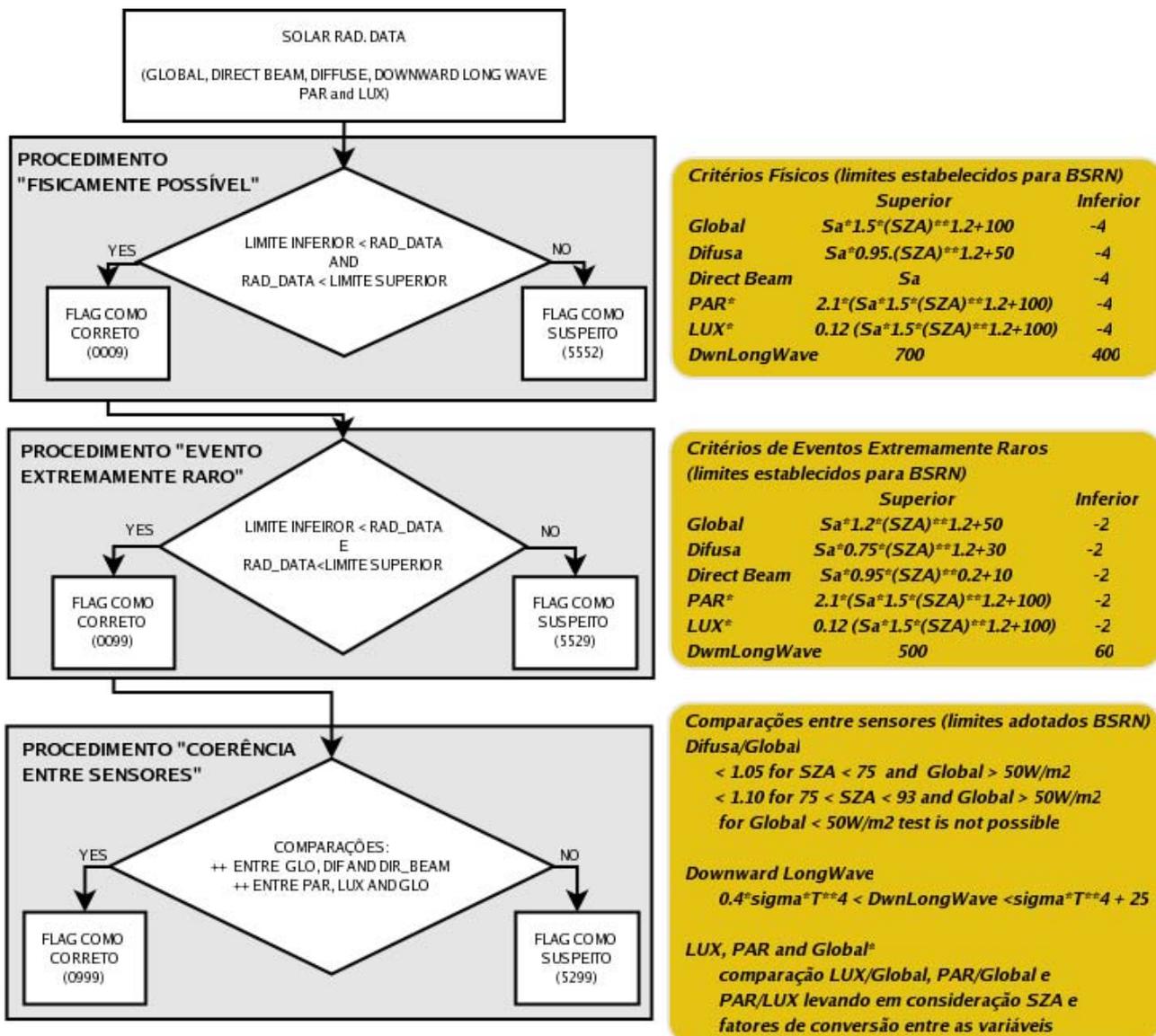
O programa de controle de qualidade é composto de quatro procedimentos seqüenciados em função do grau de complexidade, isto é, o procedimento menos complexo é executado antes do mais complexo. Os procedimentos tem como objetivo avaliar: (1) se o dado coletado é “*fisicamente possível*”, (2) se o dado coletado é “*extremamente raro*”, (3) se há “*consistência*” entre os dados coletados por vários sensores, e (4) resultados de “*comparação com modelo*”. O código de

qualidade aplicado a um registro da base de dados é composto de um valor numérico de 4 algarismos onde cada um representa o resultado dos procedimentos de qualidade mencionados acima. Em resumo, o algarismo 1 (da direita para a esquerda) sinaliza se o valor medido é fisicamente possível (algarismo igual a 9) ou se é suspeito de erro (algarismo igual a 2). Da mesma forma o algarismo 2 representa o resultado obtido na avaliação “*extremamente raro*”, e assim por diante. A Tabela 1 apresenta os valores que cada um dos quatro algarismos do código de qualidade podem assumir. No momento, o quarto procedimento ainda não foi implantado no programa de qualidade da rede SONDA. O procedimento para comparação com resultados de modelos deve ser implantado em breve e dessa forma o quarto algarismo do código de qualidade recebe o valor “0” (zero). A Figura 1 apresenta o diagrama em blocos do programa de qualificação dos dados de irradiação solar e iluminância.

Tabela 1. Definição dos valores dos algarismos presentes no código de validação de cada dado coletado em uma estação da rede SONDA.

PROCEDIMENTO	DÍGITO DA DIREITA PARA A ESQUERDA	NÃO EXECUTADO	NÃO PODE SER EXECUTADO	DADO SUSPEITO	DADO CORRETO	EXEMPLO
FISICAMENTE POSSÍVEL	1	0	5	2	9	0009
EXTREMAMENTE RARO	2	0	5	2	9	0099
CONSISTÊNCIA ENTRE SENSORES	3	0	5	2	9	0299
COMPARAÇÃO COM MODELO	4	0	5	2	9	5299

Como forma de exemplificar o resultado do processo de qualificação, utilizou-se dados da estação de São Martinho da Serra, referente ao mês de novembro de 2005, para gerar uma estatística para o processo de validação. Todos os dados medidos de irradiação solar global foram rotulados como corretos nos procedimentos (1) e (2) e cerca de 20% foi classificado como suspeito no teste de consistência entre sensores. É importante ter em mente que os dados medidos utilizados no procedimento (3) do programa de qualificação necessitam estar classificados corretos pelos procedimentos (1) e (2). Esse aspecto é válido mesmo para os valores medidos de temperatura utilizados para avaliação da radiação de onda longa (ver Figura 1).



RAD\_DATA - dado medido  
 SZA - Coseno do Ângulo Zenital Solar  
 LUX - Iluminância  
 PAR - Radiação Fotosinteticamente Ativa  
 Glo - Radiação Solar Global  
 Dif - Radiação Solar Difusa  
 Dir - Radiação Solar Direta  
 sigma - Constante de Boltzmann  
 T - Temperatura do Ar  
 Sa - Constante Solar corrigida para distância Terra/Sol  
 Unidades de todos os limites estão em Watt por metro quadrado

Figura 1. Diagrama em blocos do programa de controle de qualidade de dados radiométricos e fotométricos coletados nas estações da rede SONDA.

### Qualificação dos dados meteorológicos (dados eólicos, temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa e precipitação pluviométrica)

O programa de controle de qualidade para os dados meteorológicos segue a mesma metodologia empregada para a qualificação dos dados radiométricos e fotométricos. A Figura 1 apresenta o diagrama em blocos do programa de controle de qualidade com uma descrição sucinta

dos critérios adotados para a classificação dos dados como corretos ou suspeitos. Os códigos de qualidade atribuídos para cada dado coletado é formado também com 4 algarismos, sendo que cada um representa um procedimento do programa de controle de qualidade. Novamente, o algarismo mais a direita do código de qualidade representa o procedimento 1, e assim por diante. Os critérios adotados em cada procedimento baseiam-se nos valores estabelecidos pelo Meteorological Resource Center [3].

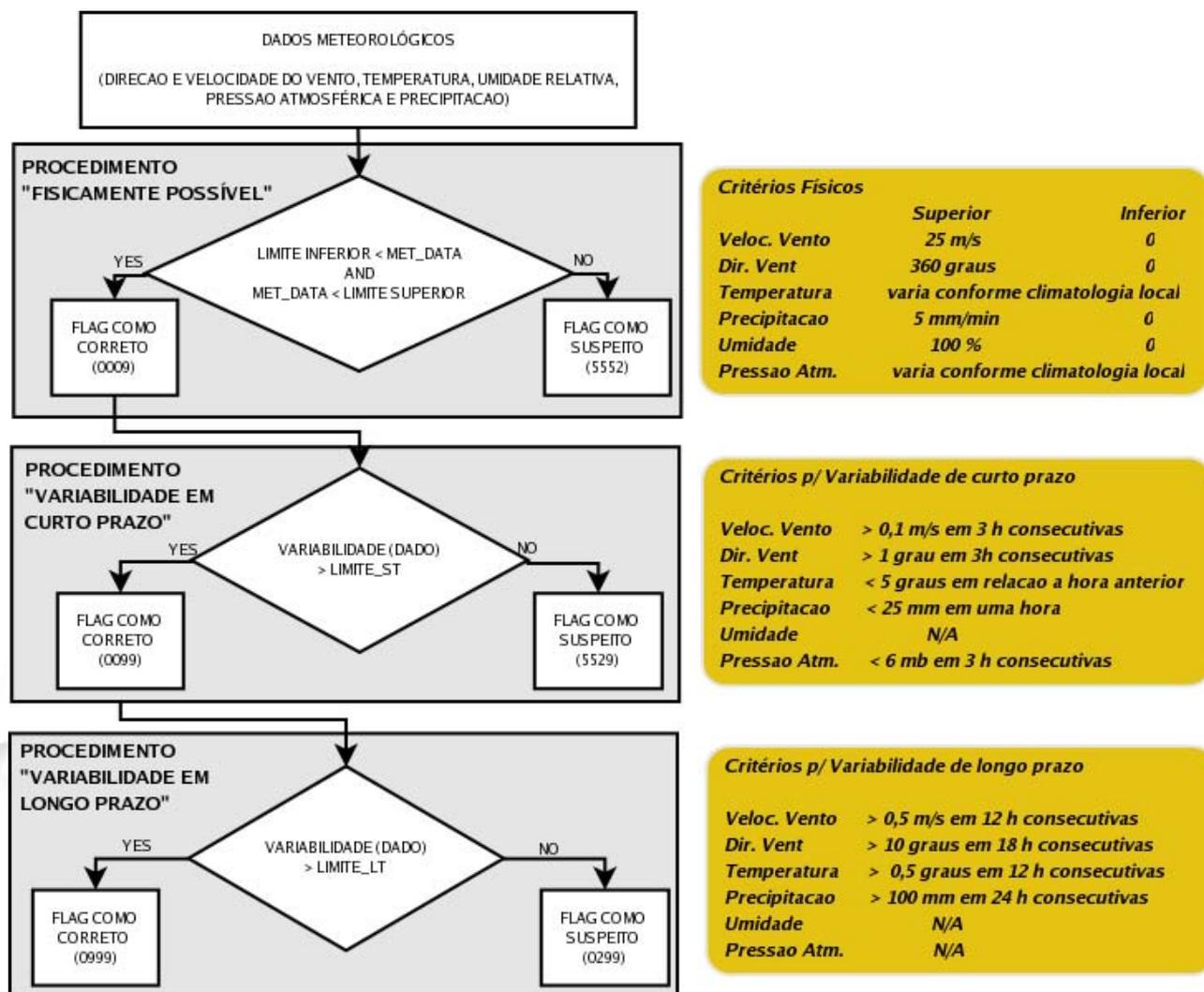


Figura 2. Diagrama em blocos do programa de controle de qualidade de dados eólicos e meteorológicos coletados nas estações da rede SONDA.

## CONCLUSÕES

A implantação da rede SONDA teve como objetivo atender a demanda por uma base de dados eólicos e de radiação solar com a confiabilidade necessária para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de aproveitamento das fontes renováveis de energia, principalmente, a energia solar e eólica. Quatro diferentes categorias de estações estão sendo implantadas de modo a cobrir as

diferentes condições climáticas presentes no Brasil. Dessa forma, será possível avaliar os mapeamentos dos recursos renováveis hoje disponíveis e aperfeiçoar os modelos climáticos e de transferência radiativa em uso na atualidade. O programa de controle de qualidade nos dados SONDA tem como objetivo estabelecer um nível de confiabilidade para os dados coletados, de modo que o usuário da base de dados possa avaliar a utilidade do dado para sua aplicação. Além disso, os resultados apresentados pelo programa de controle de qualidade são indicativos da existência de problemas operacionais nas estações de coleta de dados. Os resultados do programa de qualidade ainda são preliminares, mas já apresentaram resultados satisfatórios em termos de tempo de processamento e resultados práticos. Os dados qualificados já foram utilizados com sucesso na etapa de validação das estimativas fornecidas pelo modelo de transferência radiativa BRASIL-SR. Em estudo posterior será possível detalhar os algoritmos utilizados nos procedimentos de verificação da coerência entre os diversos sensores e que atualmente encontram-se em testes.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP (projeto SONDA – 22.01.0569.00) e ao CNPq pelo suporte financeiro aos pesquisadores e estudantes envolvidos no Projeto SONDA. Agradecimento especial a toda a equipe do Laboratório de Instrumentação Meteorológica pelo suporte e apoio no desenvolvimento das atividades de implantação, operação e manutenção das estações SONDA.

## **“REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS”**

1. SONDA, **Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais** – CPTEC/INPE. [online]: <http://www.cptec.inpe.br/sonda/>.
2. BSRN, **BaselineSolar Radiation Network – Quality Assurance of Database**. World Meteorological Organization. [online]: <http://bsrn.ethz.ch/>.
3. WEBMET, **Quality Assurance and Quality Control**. The Meteorological Resource Center. [online]: [http://webmet.com/met\\_monitoring/8.htm](http://webmet.com/met_monitoring/8.htm).