

# IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS DADOS METEOROLÓGICOS DA REDE DE PCDS DO INPE.

Ana Lúcia Travezani Ferreira<sup>1</sup>, Waldênio Gambi de Almeida<sup>1</sup>,  
Armando Câmara Júnior<sup>1</sup>, Sérgio Henrique Soares Ferreira<sup>1</sup>, Luciana dos Santos Carvalho  
Machado<sup>1</sup>

**RESUMO:** Os dados coletados pela rede de PCDS do INPE beneficiam diversos setores da sociedade Brasileira e são disponibilizados gratuitamente logo após o seu processamento através da *webpage* do CPTEC/INPE. Uma vez que as estações automáticas podem reportar dados com alta frequência temporal e seu número tende a crescer, elas se tornarão cada vez mais importantes. Porém estes dados precisam passar por um processo de controle de qualidade sofisticado, que é necessário tanto para auxiliar na tarefa de manutenção da rede como para impedir que os dados espúrios sejam distribuídos. A fim de atingir estes objetivos nós instalamos no CPTEC/INPE o sistema de controle de qualidade do MADIS, o *Meteorological Assimilation Data Ingest System* desenvolvido no *Forecast Systems Laboratory*, instituição vinculada ao *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Neste trabalho nós descrevemos o sistema que foi implantado e os resultados obtidos.

**ABSTRACT:** The observations from INPE's Data Collecting Platforms (PCDs) are important for several sectors of Brazilian Society. These data are available for free distribution in the CPTEC's webpage just after its processing. Because the automated meteorological stations can report in a high temporal frequency and its quantity is growing, they will be more important over the time. To keep the quality of the distributed data and to help the network management it is needed a complex automated quality control system. To meet these objectives we installed in the CPTEC/INPE the quality control system from MADIS (*Meteorological Assimilation Data Ingest System*). A software developed by the Forecast Systems Laboratory, from NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). In this paper we describe this system's QC and the results.

**Palavras-Chave:** Controle de qualidade, Plataformas de coleta de dados, Dados Meteorológicos.

---

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Rodovia Presidente Dutra Km.39, Cachoeira Paulista, Brasil. CEP:12630-000. telefone: (12)3186-8541, e-mail: [travezan@cptec.inpe.br](mailto:travezan@cptec.inpe.br), [gambi@cptec.inpe.br](mailto:gambi@cptec.inpe.br), [armando@cptec.inpe.br](mailto:armando@cptec.inpe.br), [sergioh@cptec.inpe.br](mailto:sergioh@cptec.inpe.br)

## **INTRODUÇÃO:**

O INPE possui uma rede de estações automáticas para coletar dados meteorológicos. Estes dados são transmitidos por satélite para os centros de recepção do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e depois processados e armazenados na Divisão de Satélites Ambientais, em Cachoeira Paulista. Os dados de outras redes de estações também são coletados e processados utilizando o mesmo sistema, de forma que o total de estações supera 400. Estes dados são normalmente referenciados como dos dados das PCDs (Plataformas de coleta de dados) do INPE. Os dados coletados pela rede de PCDs do INPE beneficiam diretamente diversos setores da sociedade Brasileira, eles são importantes não apenas para a meteorologia nacional, mas também para a agricultura, defesa civil, pesquisa científica, etc. Todos os dados são disponibilizados gratuitamente logo após o seu processamento através da *webpage* do CPTEC/INPE.

As redes de estações automáticas possuem um problema intrínseco que precisa ser controlado com cuidado: a qualidade dos dados coletados. A qualidade dos dados dessas estações pode ser degradada por uma série de fatores que não são tão críticos em estações convencionais, como erros de transmissão e problemas de calibração ou funcionamento dos sensores. Uma vez que estações automáticas freqüentemente são instaladas em locais isolados, vandalismos e danos provocados por animais também são freqüentes. Se por um lado a inexistência de um observador as torna vulneráveis a alguns problemas, por outro permite que elas reportem dados com alta freqüência temporal. Com o aumento do número de estações e redes, a importância das estações automáticas cresce a cada dia.

Assim é necessário um sistema automático para monitorar a qualidade dos dados coletados. Esse sistema deve ser capaz de detectar erros de transmissão e mal-funcionamento dos sensores. O sistema de controle de qualidade também deve ser capaz de marcar os dados espúrios que surgem, e impedir que estes sejam distribuídos para os usuários finais. Como conclusão, um sistema destes é importante tanto para os responsáveis pela manutenção da rede de estações, como para os usuários dos dados.

## **UM SISTEMA PARA CONTROLE DE QUALIDADE:**

A WMO estabelece um conjunto padrão de procedimentos para o controle de qualidade dos dados meteorológicos. Esses procedimentos estão descritos em detalhes no manual WMO n.305, e

estão implementados em sistemas como o “Pré-Processamento” que roda operacionalmente no CPTEC para processar os dados globais recebidos. Mas é importante salientar que as normas da WMO para controle de qualidade são apenas os procedimentos mínimos exigidos, e estes algoritmos e limites devem ser aplicados a dados de todo o globo, isto é, são generalistas. Melhores resultados podem ser obtidos com o uso de algoritmos e limites específicos para áreas limitadas ou redes específicas. Testes podem ser desenvolvidos a partir do conhecimento de que certos instrumentos de certos fabricantes produzem dados espúrios de acordo com um certo padrão, ou dos limites físicos para as variáveis meteorológicas para a micro-região da rede. Um sistema com algoritmos específicos pode melhorar o controle de qualidade de forma marcante.

Porém, desenvolver um sistema de controle de qualidade (QC) não é simples, ao contrário do que muitos acreditam. O número de algoritmos específicos necessário é grande, assim como o refinamento necessário para estabelecer os limites absolutos ou detecção padrões de falhas. O número de linhas de código cresce rapidamente com o aumento da sofisticação do sistema. Como conclusão, desenvolver, implantar e testar um sistema automático exige recursos, de programadores a especialistas em QC. Obter estes recursos foi o maior desafio a ser enfrentado, pois os recursos disponíveis para desenvolver sistemas e aplicativos para meteorologia normalmente são escassos. Uma dificuldade adicional é a carência de especialistas em dados meteorológicos e controle de qualidade no país. O presente trabalho se tornou possível graças ao Programa PROTIM, Programa de Tecnologia da Informação em Meteorologia, que forneceu os computadores e as bolsas necessárias.

## **O MADIS do FSL/NOAA**

A estratégia que escolhemos para dotar o CPTEC/INPE de um sistema de controle de qualidade mais sofisticado para os dados das estações automáticas foi estabelecer uma parceria com o FSL (Forecast Systems Laboratory), um órgão vinculado ao NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), situado em Boulder, nos Estados Unidos. Os responsáveis pelo sistema MADIS (Meteorological Assimilation Data Ingest System) nos cederam os programas-fonte, e fizemos as adaptações necessárias para os dados das PCDs do INPE. Adaptar um sistema que é utilizado operacionalmente para controlar a qualidade de mais de 15000 estações nos Estados Unidos (Barth, 2002; Miller, 2005) foi uma estratégia que nos poupou tempo e recursos. Estudar e dominar um sistema já estabelecido também é uma forma de treinar e qualificar o nosso pessoal.

O MADIS é um sistema de assimilação de dados meteorológicos desenvolvido e operado pelo FSL/NOAA. Ele coleta, controla a qualidade e distribui dados de 48 redes de estações

meteorológicas automáticas, incluindo a rede do INPE. O sistema também assimila dados convencionais distribuídos pelo GTS, imagens e produtos de satélite. Apesar do sistema ser bastante completo, até o momento implementamos apenas o módulo que realiza o controle de qualidade nos dados de superfície, pois o nosso objetivo é controlar a qualidade das estações automáticas do INPE.

Mas o que mais atraiu a nossa atenção foi a estratégia adotada para obter a colaboração dos proprietários das redes de estações. Como o MADIS faz o controle de qualidade (QC) e alerta para as interrupções no recebimento dos dados, o proprietário de uma rede de estações nos Estados Unidos pode utilizar este serviço. O preço a pagar é deveras convidativo: Basta permitir que os dados sejam utilizados para ensino e pesquisa. O FSL criou nos Estados Unidos uma relação onde todos ganham, e o proprietário da rede reduz custos ao disponibilizar os dados para o MADIS.

### **O QC DO MADIS:**

O controle de qualidade realizado pelo MADIS é feito em 3 níveis : verificações de validade, verificações de consistência interna e verificações da consistência espacial. O nível 1 consiste nas verificações de validade ou limites absolutos que estabelece os valores máximos e mínimos permitidos para cada variável a ser controlada. As observações que estiverem fora desse intervalo recebem um “*flag*” identificando-as como suspeitas ou erradas.

O nível 2 consiste nas verificações da consistência interna, ou seja, exige-se que as leituras de diferentes instrumentos de uma mesma estação possuam um relacionamento fisicamente razoável. Por exemplo, uma observação da temperatura do ponto de orvalho não deve exceder a temperatura observada na mesma estação. As observações rejeitadas aqui recebem um “*flag*” diferente, identificando-as como suspeitas devido a falhas de consistência interna.

O nível 3 consiste na verificação da consistência espacial. A variável é interpolada para a posição de cada estação e comparada com as observações. As diferenças entre os valores medidos e os interpolados para cada estação são utilizados para determinar se a observação está incorreta. Este nível de verificação é computacionalmente caro, pois as interpolações são refeitas diversas vezes a fim de determinar qual é a estação, dentre todas as vizinhas, que está reportando uma leitura suspeita. Esta técnica automática só pode ser aplicada onde a densidade de estações é grande.

### **RESULTADOS:**

Os dados das PCDs estão disponíveis no banco de dados em MySQL do CPTEC/INPE.

Estes dados são extraídos e utilizados para alimentar os programas que fazem o controle de qualidade. Os resultados são reinseridos no banco de dados para então serem disponibilizados aos usuários. O sistema de QC disponibiliza ainda um conjunto de relatórios, como o percentual de observações que foram rejeitadas e quais são as estações reportando dados ruins. Na figura abaixo temos como exemplo apenas um dos vários relatórios disponíveis.

```

- QC SUMMARY FOR AIR TEMP
31909      PCDINPE      060250200 AIR TEMP      -12,0 FAILED VALIDITY
32002      PCDINPE      060250200 AIR TEMP      -48,5 FAILED VALIDITY
32594      PCDINPE      060250200 AIR TEMP      -26,5 FAILED VALIDITY

---                2,17 % AIR TEMP      FAILED-MASTER      CHECK ( 3 OF 138)
---                2,17 % AIR TEMP      FAILED-VALIDITY    CHECK ( 3 OF 138)
---                0,00 % AIR TEMP      FAILED-INTERNAL     CHECK ( 0 OF 0)
---                0,00 % AIR TEMP      FAILED-TEMPORAL    CHECK ( 0 OF 0)

```

Os resultados das verificações de controle de qualidade são registrados através de “*flags*” que indicam os resultados de cada verificação. Através destes relatórios é possível identificar quais são as estações que estão reportando mal, se estão fazendo isso com frequência, e qual é o tipo de erro. Se o usuário dos dados pode estar interessado apenas nos dados bons, estas informações adicionais e relatórios são importantes para os responsáveis pela rede de observação.

## CONCLUSÕES:

Controle de qualidade consiste em analisar os dados coletados para detectar valores ou padrões que identificam as observações como suspeitas ou erradas. Somente após esses procedimentos é possível distribuir aos usuários dados que atinjam os padrões internacionais de qualidade. Os dados de estações automáticas estão sujeitas a problemas que não afetam as estações convencionais. Porém, como elas podem reportar dados com alta frequência temporal e seu número tende a crescer em todo o país, a sua importância aumentará com o tempo. Por esses motivos é necessário possuir um sistema automático para monitorar a qualidade dos dados coletados. Esse sistema também é necessário para auxiliar no trabalho de manutenção da rede

Graças ao apoio do Programa de Tecnologia da Informação Aplicada à Meteorologia, e à cooperação com o FSL/NOAA, foi possível implementar um sistema de controle de qualidade para as estações automáticas do INPE. A cooperação permitiu a redução dos custos e do tempo necessário para a implementação do projeto. O sistema beneficiará diversos setores da sociedade, que terão acesso a dados meteorológicos de melhor qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BARTH,M. F.; MILLER,P.A.; MACDONALD, A.E.; MADIS: The Meteorological Assimilation Data Ingest System, [Symposium on Observations, Data Assimilation, and Probabilistic Prediction, January 2002.](#)

BELOUSOV, S.L.; GANDIN,L.S.; MASHKOVICH,S.A.; Computer processing of current meteorological data. Ed. V. Bugaev. Meteorological Translation No. 18, 1972, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, Canada.

CINTRA,R.;MAGINA,F.C.; Disseminação de Dados de Plataforma de Coleta de Dados no Sistema SCD/INPE, INPE-2004.

GUIDE – on the Global Data-Processing System. World Meteorological Organization , WMO-n. 305.

MADIS (Meteorological Assimilation Data Ingest System), Disponível em: <<http://madis.noaa.gov/>>

MILLER,P.A.; BARTH,M. F.; BENJAMIN,L. A.; An Update on MADIS Observation Ingest, Integration, Quality Control, and Distribution Capabilities, [21st International Conference on Interactive Information Processing Systems \(IIPS\) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, January 2005.](#)

PEREIRA,S.P.; Satélite SCD-1 e a Coleta de Dados Ambientais, 1<sup>o</sup> Seminário Brasileiro em Educação Espacial.

VEJEN, F., JACOBSSON, C., FREDRIKSSON, U., MOE, M., ANDRESEN, L., HELLSTEN, E., RISSANEN, P., PALSDOTTIR, T., ARASON,T., Quality Control of Meteorological Observations – Automatic Methods used in the Nordic, met.no Report no. 8/2002 KLIMA, Norwegian Meteorological Institute, Oslo.