

Jorge A. Wissmann<sup>1</sup>  
Leonardo G. Tampelini<sup>2</sup>  
Ademar C. Feil<sup>3</sup>  
Silvio C. Sampaio<sup>4</sup>  
Morgana Suszek<sup>5</sup>

---

**FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA  
ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS  
PLUVIOMÉTRICOS**

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta computacional visando a análise de consistência de dados pluviométricos utilizando o método de dupla massa, tendo como parâmetro matemático o coeficiente de Willmott. Utilizou-se um banco de dados de precipitações diárias de 22 estações meteorológicas do Estado do Paraná para a realização dos testes. O programa foi desenvolvido em ambiente MATLAB 6.0. A ferramenta computacional mostrou-se bastante satisfatório na análise de consistência de dados utilizando o método dupla massa. O coeficiente de Willmott mostrou-se um bom método matemático para avaliar o teste de dupla massa, reduzindo assim o efeito de possível falta de experiência do usuário do teste.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação; MATLAB; Coeficiente de Willmott.

**SUMMARY:** The objective of this work was to develop a computational tool aiming at the analysis of consistency of rainfall data, using the double-mass method and taking the Willmott's coefficient as a mathematical parameter. In order to accomplish the tests, it was used a database of daily rainfall from twenty-two weather stations in the state of Paraná. The program was developed in MATLAB 6.0 environment. The computational tool showed to be satisfactory enough in the analysis of data consistency with the use of the double-mass method. The Willmott's coefficient showed to be an efficient mathematical method to evaluate the double-mass test, thus reducing the effect of possible lack of experience of the test user.

**KEYWORDS:** Rainfall; MATLAB; Willmott's coefficient.

---

Data de recebimento: 13/06/06. Data de aceite para publicação: 25/07/06.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil. Setor de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Unioeste – Campus de Cascavel-PR. Endereço eletrônico: jorgewissmann@gmail.com.

<sup>2</sup> Bacharel em Informática pela Unioeste – Campus de Cascavel-PR.

<sup>3</sup> Bacharel em Informática pela Unioeste – Campus de Cascavel-PR. Divisão de Comunicação de Dados. Diretoria de Informática da Reitoria da Unioeste.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola. RHESA. CCET. Unioeste – Campus de Cascavel-PR.

<sup>5</sup> Engenheira Química. RHESA. CCET. Unioeste – Campus de Cascavel-PR.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos hidrológicos. Observa-se, portanto, a importância da precipitação não só na caracterização climatológica de uma região, mas também como informação básica para qualquer estudo hidrológico ou ambiental. Assim, não é suficiente medir a precipitação. É necessário também processar, corrigir, gerar e dar consistência aos dados medidos da maneira mais eficiente possível, visto que a hidrologia depende substancialmente de dados, e exige boas informações hidrológicas relativas às bacias hidrográficas, tanto em relação ao tempo quanto ao espaço.

Inconsistências em séries de precipitação podem ocorrer devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto. Por isto os dados, antes de serem utilizados, devem passar por uma análise de consistência.

O método de Dupla Massa é um dos mais usados em função de sua simplicidade, pois consiste na comparação de duas curvas que são traçadas no plano cartesiano, uma de totais anuais ou mensais acumulados do posto que irá ser analisado e outra da média acumulada dos totais anuais ou mensais de postos confiáveis da região considerada (TUCCI, 1993; VILLELA & MATTOS, 1975).

Caso os pontos não coincidam sobre uma única reta, as possíveis causas são erros sistemáticos, mudanças nas condições de observação ou devido a algum agente físico real. Estes tipos de erro causam uma mudança de declividade e, para que essa mudança seja considerada, devem-se ter pelo menos cinco pontos alinhados sucessivamente sobre esta nova tendência. Podem-se corrigir tanto os valores antigos como os valores recentes, ou seja, corrigem-se os valores antigos para a situação atual ou corrigem-se os valores mais recentes para a condição antiga, segundo PINTO (1976) e NETTO (2001).

Deste modo, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma ferramenta computacional para analisar a consistência de séries diárias pluviométricas, através da criação de uma rotina no software MATLAB (MATSUMOTO, 2001), utilizando o método da dupla massa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação usados neste trabalho foram oriundos de séries diárias em 22 estações pluviométricas do Estado do Paraná, cedidos pelo Instituto Tecnológico Simepar. A distribuição espacial das estações é mostrada na Figura 1.

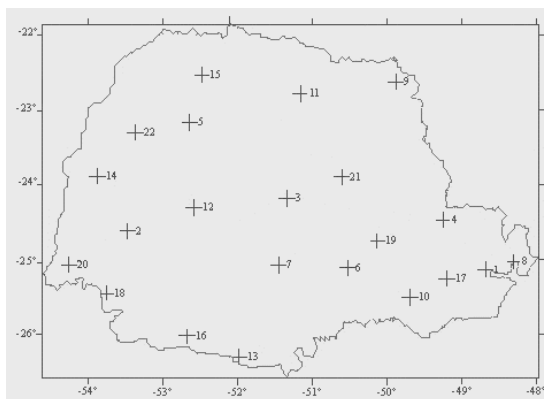


FIGURA 1 - Localização das estações pluviométricas no Estado do Paraná. (1-Antonina; 2-Cascavel; 3-Cândido Abreu; 4-Cerro Azul; 5-Cianorte; 6-Fernandes Pinheiro; 7-Guarapuava; 8-Guaraqueçaba; 9-Joaquim Távora; 10-Lapa; 11-Londrina; 12-Nova Cantu; 13-Palmas; 14-Palotina; 15-Paranavaí; 16-Pato Branco; 17-Pinhais; 18-Planalto; 19-Ponta Grossa; 20-São Miguel do Iguçu; 21-Telêmaco Borba; 22-Umuarama).

Com o objetivo de uniformizar as séries na análise de consistência, as estações foram separadas em grupos, definidas em função do número de anos de dados disponíveis. Assim, no método de dupla massa, as séries foram analisadas considerando os seguintes grupos:

1) Séries com 25 anos: Cascavel, Cerro Azul, Fernandes Pinheiro, Guarapuava, Palotina, Paranavaí, Ponta Grossa e Umuarama.

2) Séries com 24 anos: Joaquim Távora, Londrina, Telêmaco Borba e as anteriores.

3) Séries com 23 anos: Antonina, Cianorte, Planalto e as anteriores.

4) Séries com 22 anos: Pinhais e as anteriores.

5) Séries com 21 anos: Guaraqueçaba, Palmas, Pato Branco e as anteriores.

6) Séries com 15 anos: São Miguel do Iguaçu e as anteriores.

7) Séries com 12 anos: Lapa e as anteriores.

Para analisar o ajuste dos dados da estação teste à média das estações de referência utilizou-se o coeficiente de Willmott (WILLMOTT, 1981):

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left[ |P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right]^2} \quad (1)$$

em que,

$d$  = coeficiente de Willmott;

$P_i$  = valor estimado de precipitação de ordem  $i$ ;

$O_i$  = valor observado de precipitação de ordem  $i$ ;

$O$  = média dos valores estimados de precipitação;

$n$  =  $n^\circ$  eventos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, é apresentado o fluxograma da rotina computacional que analisou a consistência dos dados pluviométricos.

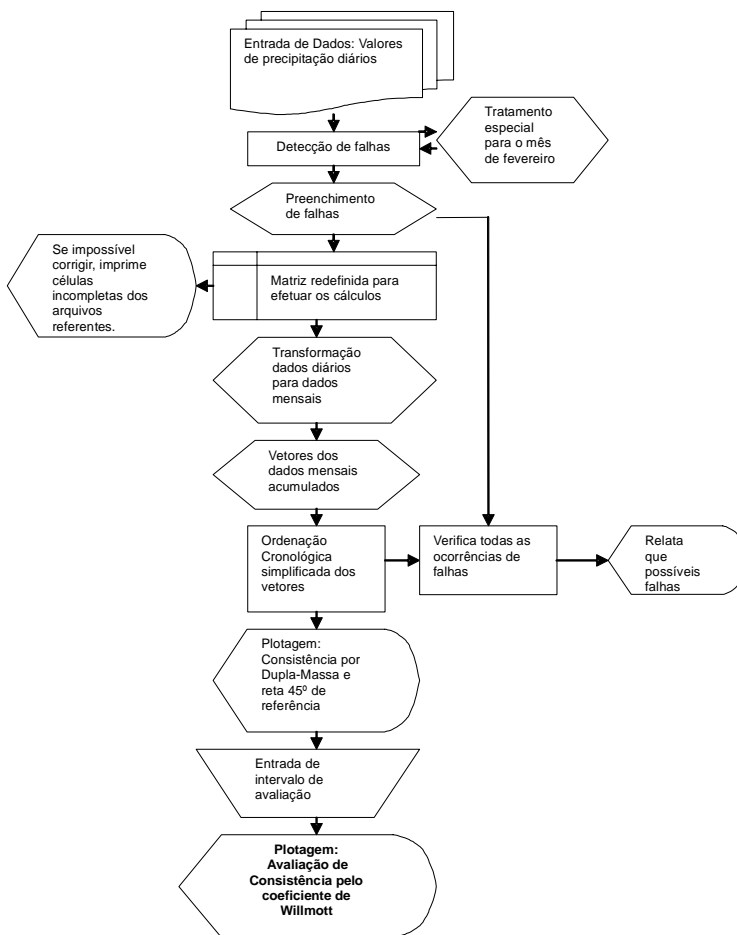
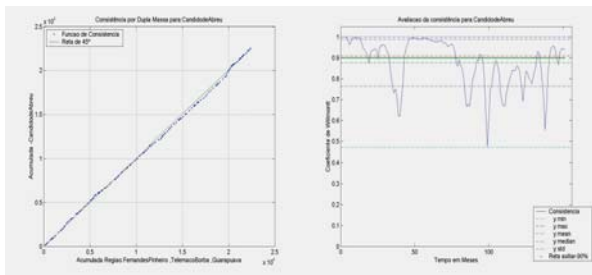


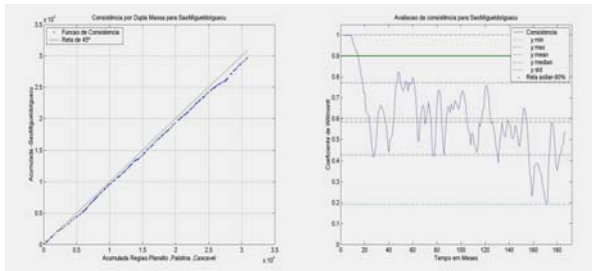
FIGURA 2 - Fluxograma do sistema computacional para análise de consistência de dados de precipitação utilizando método de dupla massa e coeficiente de Willmott.

Para apresentação dos resultados fez-se a análise de três estações, demonstrando casos bem diferenciados, de melhor ajuste (Cândido Abreu), ajuste médio (São Miguel do Iguazu) e pior ajuste (Antonina).

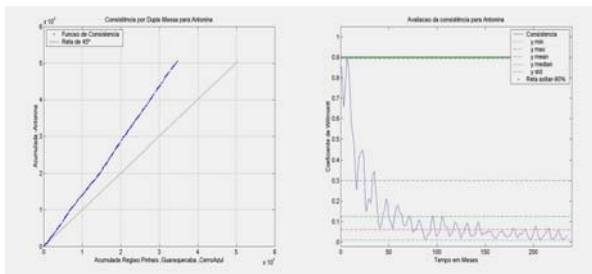
Na Figura 3 (a) estão apresentados o método de dupla massa e a variação do coeficiente de Willmott para a estação de Cândido de Abreu. A proximidade da reta gerada pelos dados de precipitação observados nas estações com a reta que forma com o eixo das abcissas um ângulo de 45°, evidencia a consistência dos dados. Analisando o coeficiente de Willmott percebe-se o mesmo comportamento. Durante os meses analisados, o coeficiente permaneceu com valores entre 0,9 a 1,0 durante quase todo período. A consistência média ficou em torno de 0,87 com desvio padrão de 0,11.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 3 - Curva de dupla massa e comportamento do coeficiente de Willmott para (a) Cândido Abreu; (b) São Miguel do Iguazu e (c) Antonina.

A consistência dos dados de precipitação de Cândido de Abreu com as estações de Fernandes Pinheiro, Guarapuava e Telêmaco Borba era esperada, uma vez que as estações encontram-se próximas, com características fisiográficas semelhantes.

Na Figura 3 (b) encontram-se a curva de dupla massa e comportamento do coeficiente de Willmott para a estação de São Miguel do Iguaçu. Notam-se regiões em que os meses têm uma tendência em situar-se fora do intervalo pré-proposto de 90 a 100%. Percebe-se também que as estações de referência desta cidade encontram-se dispersas e com uma grande área de vegetação nativa separando-as (Parque Nacional do Iguaçu), podendo ser motivo para influências. A consistência média ficou em torno de 0,6 com desvio padrão de 0,17, sendo considerada, pelos testes, uma estação de média consistência em relação à suas estações de referência.

Observa-se, na Figura 3 (c), uma forte tendência de os coeficientes de Willmott situarem-se fora do intervalo de 90 a 100%, mesmo com distâncias próximas. Percebe-se também que há uma provável influência do relevo. Antonina e Guaraqueçaba são cidades costeiras e separadas por diversas baías e enseadas, enquanto outras estações estão situadas no interior do Estado, sendo essas separadas das anteriores pela Serra do Mar, que divide o primeiro planalto paranaense e a planície costeira.

A consistência média para Antonina ficou em torno de 0,06 com desvio padrão de 0,24, sendo considerado pelos testes uma das estações que mais possui inconsistência em relação à suas estações de referência.

#### 4. CONCLUSÕES

A ferramenta computacional mostrou-se bastante eficiente na análise de consistência de dados utilizando o método dupla massa. O coeficiente de Willmott mostrou-se um eficiente método matemático para avaliar o teste de dupla massa, diminuindo assim o efeito do empirismo e possível necessidade de experiência do usuário do teste.

## 5. REFERÊNCIAS

MATSUMOTO, E. Y. **MATLAB 6: fundamentos de programação**. São Paulo: Editora Érica, 2001. 312 p.

NETTO, J. V. F. **Regiões climatologicamente homogêneas do Estado de Alagoas com base na análise espaço-temporal da pluviometria**. 2001. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro. 2001.

PINTO, N. L. de S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blüncher, 1976. 278 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porta Alegre: Editora da Universidade/UFRG, 1993. 943 p.

VILELLA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill, 1975. 245 p.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. *Physical Geography*. Delaware, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

REVISTA VARIA SCIENTIA

Versão eletrônica disponível na internet:

[www.unioeste.br/saber](http://www.unioeste.br/saber)