

# Software livre baseado na web para estimativa numérica de dados meteorológicos

Rafael C. Ferraz<sup>1</sup>, Angélica R. C. de Souza<sup>2</sup>, Adroaldo D. Robaina<sup>3</sup> e Marcia X. Peiter<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno doutorado Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
Rua Roraima, 1000, Prédio 42, Sala 3331 – 97105-900 – Santa Maria – RS - Brasil

<sup>2</sup>Mestranda em Geomática – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

{rafacerraz, angelsoubio}@gmail.com, {robaina,mpeiter}@smaail.ufsm.br

**Abstract.** *This study aims at developing a free web system for numerical estimate of meteorological data in the RS's state, based on the automated surface weather stations from the National Institute of Meteorology. For the application's development, it were used the programming languages PHP and JavaScript, besides a MySQL database. The method for interpolation of the inverse distance weighting (with the distance raised to the exponent five) was used as a data estimator model, once it showed the best performance for the following variables: temperature, relative humidity, atmospheric pressure and dew point. It was developed a SWIM database and the web system, which can be used in several human activities, mainly on agriculture as a support for making decisions.*

**Resumo.** *Este estudo visa desenvolver um sistema web livre para estimativa numérica de dados meteorológicos no estado do Rio Grande do Sul, com base nas estações climáticas automáticas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia. Para o desenvolvimento da aplicação, foram utilizadas as linguagens de programação PHP e JavaScript, além de um banco de dados MySQL. O método para interpolação da ponderação do inverso da distância (com a distância elevada ao expoente cinco) foi usado como um modelo estimador de dados, uma vez que apresentou o melhor desempenho para as seguintes variáveis: temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e ponto de orvalho. Foi desenvolvida uma base de dados SWIM e o sistema web, os quais podem ser usados em diversas atividades humanas, principalmente na agricultura como suporte para a tomada de decisões.*

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial está enfrentando desafios cada vez maiores, como a expansão urbana, as competições globais de comércio e a baixa margem de lucro. Para manter a competitividade e a viabilidade econômica, os agricultores necessitam aumentar a eficiência na produção (YANG, et al., 2010).

A região Sul do Brasil tem uma economia basicamente dependente da agricultura e, deste modo, existe uma estreita ligação entre as alterações climáticas e o ciclo de vida de determinadas culturas. Alterações drásticas no regime de chuvas podem provocar danos muitas

vezes irreversíveis durante uma safra, causando não só a escassez de alimentos, mas também alterações na economia (FERRAZ *et al.* 2006).

Conforme Santana *et al.* (2003), o número de estações meteorológicas no Brasil ainda é insuficiente para uma boa cobertura do território nacional, o que tem dificultado a boa caracterização das condições atmosféricas.

Com o surgimento da era digital, as técnicas de coleta, processamento e análise de dados meteorológicos evoluíram, e a tecnologia da informação e o surgimento das geotecnologias permitem inferências no processamento de um maior número de informações meteorológicas globais, regionais e locais, facilitando o planejamento agrícola (VOLPATO *et al.*, 2008).

A mobilidade associada a informações de localização permite selecionar a informação a ser disponibilizada, de forma que o conteúdo retornado seja filtrado de acordo com a posição geográfica do usuário. O uso da tecnologia *WebServices* na disponibilização de soluções visa atender estes requisitos, uma vez que ela permite que sistemas executados em diferentes ambientes se comuniquem (ARSANJANI *et al.*, 2003).

Tendo em vista a importância das informações meteorológicas e pela insuficiência de dados para diversas regiões, o presente trabalho tem como objetivo, desenvolver um software livre baseado na web para a estimativa numérica de dados meteorológicos pra o Estado do Rio Grande do Sul, o qual servirá de apoio para a tomada de decisão em diversas áreas, em especial a agrícola.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados os dados da rede de estações meteorológicas de observações de superfície automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas nas cidades do Estado do Rio Grande do Sul. O banco de dados foi desenvolvido em MySQL, que é um gerenciador de banco de dados multiusuário e para o desenvolvimento do aplicativo web foram utilizadas as linguagens de programação PHP e JavaScript, integrados na linguagem padrão HTML.

Para a estimativa dos dados meteorológicos para as regiões sem informações, utilizou-se o modelo de interpolação da potência do inverso da distância. O método de interpolação foi programado utilizando a equação:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{(d_i)^B} \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{(d_i)^B} \right)}$$

Onde  $X_p$  são as variáveis interpoladas,  $X_i$  : valor da variável de  $i$ -ésima localidade vizinha;  $d_i$ : distância euclidiana entre o  $i$ -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado,  $B$  o expoente de ponderação (peso) e  $n$  é o número de pontos utilizados para interpolar a amostra. O expoente de ponderação pode ser selecionado e o mesmo possui efeitos sobre os resultados estimados.

Para realizar a comparação foi utilizada a análise de regressão entre os valores dos dados climatológicos interpolados pelos diferentes expoentes com o objetivo de se obter o coeficiente de correlação ( $r$ ) e o índice de concordância de Wilmont ( $c$ ).

Conhecendo-se esses indicadores foi determinado o índice de desempenho (Id), que pode ser calculado por:

$$Id = rc$$

Onde Id é o índice de desempenho, r é o coeficiente de correlação e c é o índice de concordância de Wilmont.

O índice de desempenho tem a finalidade de avaliar o desempenho do método proposto, considerando as seguintes classes de interpretação, conforme Tabela 1 (COSTA, 2004).

**Tabela 1. Classificação do índice de desempenho do método proposto.**

Classes	Valores de Id	Desempenho
1	> 0.85	Ótimo
2	0.76 a 0.85	Muito Bom
3	0.66 a 0.75	Bom
4	0.61 a 0.65	Regular
5	0.51 a 0.60	Fraco
6	0.41 a 0.50	Muito Fraco
7	< 0.41	Péssimo

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi realizada a comparação entre os diferentes expoentes do modelo interpolador para as variáveis climáticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia e análise do índice de desempenho, conforme Tabela 2.

**Tabela 2. Índice de desempenho para as variáveis analisadas a partir do grau 0 ao 5 do modelo de interpolação do inverso da potência da distância.**

Grau	Temperatura	Pressão atmosférica	Umidade relativa do ar	Ponto de orvalho	Radiação Solar	Precipitação
IPD*0	0,923	0,843	0,734	0,105	0,637 0,133	
IPD 1	0,927	0,989	0,740	0,260	0,625	0,128
IPD 2	0,927	0,999	0,739	0,516	0,622	0,114
IPD 3	0,926	1,000	0,737	0,739	0,594	0,101
IPD 4	0,925	1,000	0,734	0,846	0,570	0,090
IPD 5	0,923	1,000	0,731	0,881	0,549	0,081

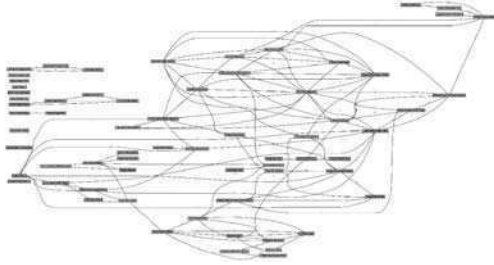
\*IPD - Inverso da Potência da Distância.

Pode-se observar que para a variável temperatura, todos os modelos demonstraram ótimo desempenho, conforme índice de Wilmont. Para a pressão atmosférica o desempenho se repetiu ótimo para os modelos a partir do grau 1, respondendo muito bom para o IPD de grau 0. A variável umidade relativa do ar respondeu com bom desempenho, com índices entre 0,73 e 0,74. O ponto de orvalho demonstrou ótimo desempenho apenas para o IPD5, ou seja, para o grau 5 como expoente de interpolação. O modelo não demonstrou-se eficiente para as variáveis de radiação solar e precipitação, quando analisada para os expoentes entre 0 e 5, onde para apresentou desempenho fraco à regular para a radiação solar e péssimo quando analisado para a precipitação.

A partir da análise dos expoentes, definiu-se o grau 5 para aplicação no modelo interpolador, por apresentar os melhores desempenhos para as variáveis: temperatura, umidade relativa do ar, ponto de orvalho e pressão atmosférica. As demais variáveis não poderão ser disponibilizadas através do sistema por não alcançarem desempenho satisfatório.

Após definir o modelo de interpolação, foram onde foram determinadas as algumas funções básicas do sistema, como a as formas de consulta e obtenção dos dados meteorológicos e as regiões de interpolação a partir das estações do INMET.

A Figura 1 ilustra a distribuição da rede de pontos de coleta de dados meteorológicos do INMET e a delimitação das áreas de carências formadas a partir destas bases conhecidas.



**Figura 1. Triângulos delimitados para aplicação no sistema web de interpolação meteorológica, a partir das coordenadas conhecidas das estações do INMET**

O Sistema Web de Interpolação Meteorológica (SWIM) possui duas formas de consultas, o que estabelece dois tipos de funcionamentos, sendo a opção visual e opção por formulário.

A obtenção do resultado é conseqüência do processo de armazenamento de informações e cálculos, sendo que, conforme já citado, utilizou-se a linguagem de programação php e javascript, o que possibilita um sistema dinâmico, rápido e seguro.

Na Figura 2, pode-se visualizar a rotina de trabalho do sistema SWIM, desde a coleta dos dados, até a disponibilização dos mesmos.



**Figura 2. Estrutura de funcionamento do Sistema Web de interpolação meteorológica**

O sistema SWIM está programado a partir dos dados meteorológicos coletados junto a base do INMET, e armazenado em servidor independente, possibilitando maior flexibilidade na articulação dos processos internos do aplicativo. O Instituto disponibiliza as informações meteorológicas em seu endereço eletrônico, em intervalos de uma hora, mas não libera o acesso dinâmico aos dados. Sendo assim, como o sistema encontra-se em fase de testes, são realizadas atualizações semanais e de forma manual.

No desenvolvimento do aplicativo, buscou-se utilizar uma apresentação visualmente agradável e de fácil utilização, por ser um sistema utilizado por diversos usuários e estes nem sempre possuem experiência em informática.



**Figura 3. Apresentação visual do Sistema Web de Interpolação Meteorológica.**

A Figura 3 demonstra as formas de consultas no sistema, sendo que pode ser realizada de duas formas: (i) ao clicar sobre o mapa do Rio Grande do Sul, o sistema registra as coordenadas em pixel do ponto desejado e determina a área a qual pertence (Figura 1) e posteriormente calcula as distâncias entre as bases conhecidas, que servirão de ponderação para o cálculo da interpolação; (ii) na opção dados, o usuário informa a localização do local (altitude, longitude e latitude) e o sistema realiza as operações de determinação da região de interpolação e calcula a interpolação dos dados.

Silva et al. (2008), desenvolveu um sistema *web* para consulta de dados meteorológicos do Estado do Piauí, o qual acessa o banco de dados da Embrapa Meio-Norte e disponibiliza as informações dos municípios que possuem estações. O autor afirma que os sistemas *web* dinamizam a distribuição e manipulação das variáveis climáticas.

## 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o modelo interpolador do inverso da potência da distância ao expoente 5 foi satisfatório para a estimativa de dados das variáveis: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e ponto de orvalho. O software livre baseado na web para a interpolação dos dados meteorológicos pode ser disponível e aplicado nas mais diversas atividades humanas e principalmente na agricultura. O meio rural necessita de ferramentas gratuitas de apoio nas decisões, para o aumento da produtividade, principalmente nas áreas sem cobertura de informações.

## REFERÊNCIAS

- ARSANJANI, A. et al. Web services: promises and compromises. **ACM Queue**, New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2003.
- COSTA, S. V. Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico. 80 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFSM, 2004.
- FERRAZ, S.; PAMPUCH, L.; FOSS, M.; CERA, J. C. Climatologia da precipitação na região central do rio grande do sul e possíveis mudanças no regime de precipitação, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis. **Anais**<[http://www.cbmet.com/edicoes.php?pageNum\\_Recordset\\_busca=5&totalRows\\_Recordse\\_busca=1006&cgid=14](http://www.cbmet.com/edicoes.php?pageNum_Recordset_busca=5&totalRows_Recordse_busca=1006&cgid=14)>. Acesso em 21 mar. 2009.
- SANTANA, M. O.; RIBEIRO, A.; SEDIYAMA, G. C. Sistema de geoespacialização da demanda de irrigação suplementar para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.7 n.1, p 57-63, 2003.
- SILVA, A. J. S.; JÚNIOR, A. S. de A.; MARIN, F. R. Um sistema web para a consulta de dados meteorológicos como ferramenta de apoio ao manejo de irrigação no estado do Piauí. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 29, n. 2, p. 141-147, dez. 2008.
- VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Geotecnologias aplicadas à agrometeorologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, 2008. Não paginado.
- YANG, Y.; WILSON, L.T. E. Development of an automated climatic data scraping filtering and display system. **Computers And Eletronics in Agriculture**, v.71, p. 77-87, 2010.