

**JOSÉ ROBSON LEITE NOGUEIRA**

**AVALIAÇÃO DO MODELO HÍBRIDO, PARA OBTENÇÃO DE TEMPERATURA DO SOLO, NA REGIÃO DE PELOTAS - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Área de concentração: Meteorologia).

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Vieira de Assis

Co-Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

Pelotas, 2006

**BANCA EXAMINADORA:**

Professora Doutora Carmen Rejane Flores Wiezniewski

Professor Doutor João Carlos Torres Vianna

Professor Doutor Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

Professora Doutora Simone Vieira de Assis

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais: Dona Laudelina de Andrade Leite Nogueira e Seu Francisco de Assis Nogueira (homenagem póstuma). Ela mulher batalhadora, que fez de tudo para proporcionar estudo aos filhos, mudando-se para a Capital, Fortaleza, e até tomando frente na construção de uma moradia, onde pôde acolher outros familiares que necessitavam, também, estudar. Ele, homem simples, pequeno proprietário rural e produtor de banana, no agreste do Ceará (Serra Verde), Município de Redenção, ajudou a muitas pessoas durante sua vida; proporcionou-me a inspiração e o desejo de realizar estudo em assunto ligado à Agricultura, como ocorre agora, nesta pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se:

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel), ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, por *proporcionarem, a este autor, esta oportunidade ímpar.*

À Estação Agroclimatológica, convênio EMBRAP/UFPel, pelo *fornecimento dos dados* necessários, pelo *excelente atendimento* de seus funcionários.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Cascavel-PR), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na pessoa do Professor Moisés, que o *acolheram* e forneceram o *apoio* necessário à conclusão desta pesquisa.

Aos amigos Volney Chaves Lima e Fábio Nogarol, pela grande ajuda na parte ligada à informática, quanto ao *desenvolvimento* e à *formatação final* do trabalho.

Ao amigo Osvaldo Carlos Katzenwadel, pela *leitura minuciosa* deste trabalho, na intenção de ajudar, da melhor maneira possível, a sua apresentação.

À Professora Dra. Simone Vieira de Assis, pela providência de digitação dos dados na UFPel, por suas *diretrizes*, pelo fornecimento de *subsídios corretos* e *representativos*, sem os quais esta idéia não teria surgido e nem sido levada a diante, bem como, pelas *correções seguras*.

Ao Professor Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, da UNIOESTE, pela excelente *convivência* e *amizade*; pela confecção dos programas necessários ao modelo, os quais não poderiam ser desenvolvidos em tempo hábil; por suas *diretrizes* e *aconselhamentos*, sempre *ponderados* e *acertados*.

Aos professores, da UFPel, Chapa, Gilberto, Roseli, Chico e Cláudia, pela *amizade*, *convivência* e *ajuda* durante o curso.

Aos amigos, Adriano, Renata, Guilherme, Kelen, Marina, Dionísio, Sílvia, Fábio, Clênio, Medina, Marcelo, Simone, Fabiane, Angélica, Fabiana, Mano

(Rubiney), Ivani, Diego, Celaniro Júnior (secretário da Pós-Graduação), Rosaura (secretária da Graduação), Sra. Sônia (secretária do CPPMET), Maria da Graça, Samuel, Tais e Luciana, pela *convivência, ajuda mútua e pelos momentos de descontração*.

Ao amigo Edmir dos Santos Jesus, que, de maneira decisiva, ajudou à escolha em realizar estudo relacionado à *Temperatura do Solo*, quando das *longas* conversas sobre esta pesquisa, antes de sua partida de Pelotas, em 2004.

Aos familiares e amigos, que sempre desejaram, a este autor, o melhor, o sucesso, a conquista, e que, desta maneira, incentivaram, *determinadamente*, este trabalho.

Ao Grande Criador, por sua presença constante e determinante nesta e em outras *“caminhadas”*, proporcionando as muitas oportunidades e fornecendo *forças* em todos os momentos de *“luta”*.

## EPÍGRAFE

“Na Física, as interpretações dos experimentos são chamadas modelos ou teorias, enquanto a compreensão do fato de que todos os modelos e teorias são aproximados constitui um fato básico na pesquisa científica de nossos dias. Vem daí o aforismo de Einstein: ‘Até onde as leis da matemática se referem à realidade, elas estão longe de constituir algo certo; e, na medida em que constituem algo certo, não se referem à realidade’. Os físicos sabem que seus métodos de análise e raciocínio lógico são incapazes de explicar de imediato a totalidade dos fenômenos naturais; assim, esses físicos isolam um determinado grupo de fenômenos e tentam construir um modelo que descreva esse grupo. Assim procedendo, deixam de lado outros fenômenos e, por isso, o modelo não dará conta por inteiro da descrição integral da situação real. Os fenômenos que são postos de lado talvez apresentem efeitos tão desprezíveis que sua inclusão não alteraria de forma significativa a teoria; ou talvez sejam deixados à margem pelo simples fato de não serem suficientemente bem conhecidos na época em que se procede à construção da teoria.” (Capra, 1999).

## RESUMO

NOGUEIRA, José Robson Leite. Avaliação do Modelo Híbrido, para obtenção de temperatura do solo, na região de Pelotas - RS. 2006. 87f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Este estudo realizou uma avaliação sobre a adequação do Modelo Híbrido, de S. Kang, para a obtenção de temperatura média do solo na região de Pelotas-RS, a partir, principalmente, da informação de temperatura média do ar. O Modelo Híbrido está baseado numa relação empírica entre temperatura do ar e do solo, como também, na física de transferência de calor. Foram comparados os resultados, gerados pelo *modelo*, com os resultados gerados pelos dados coletados, na Estação Agroclimatológica, convênio EMBRAPA/UFPel, situada no Campus da UFPel, em Capão do Leão-RS, de um período de vinte e três anos, entre 1966 e 1988. Analisaram-se os resultados de temperatura média do solo, estimada em três profundidades, quais sejam, cinco, dez e vinte centímetros. Para a profundidade de cinco centímetros, o *modelo* gerou resultados de médias, que mostraram muito bom acordo com a média diária, de temperatura do solo, dos dados medidos, apresentando pequena diferença de valores. A estação do ano que mais se adequou, ao *modelo*, foi a do inverno, sendo, a do verão, a mais discrepante. O desvio padrão geral médio em todo o período, destes mesmos resultados, mostrou valores idênticos para a simulação e para os dados coletados. Todas as curvas geradas pelo *modelo* seguiram o padrão de comportamento das curvas traçadas a partir dos valores de dados reais. Houve uma maior subestimação de resultados para as profundidades de dez e vinte centímetros, sendo este fato mais evidente na maior profundidade; contudo a simulação, pelo *modelo*, reproduziu, adequadamente, o comportamento dos dados medidos. Os desvios padrão para estas profundidades apresentaram, nos gráficos, menor dispersão que a dos dados fornecidos. Foi realizada uma discussão sobre o método utilizado, concluindo-se que este privilegiou uma generalização na aplicação do *modelo*, o que, possivelmente, gerou as diferenças; contudo houve adequação, do mesmo, para a finalidade proposta neste trabalho.

Palavras-chave: Modelagem Empírica; Estimativa da Temperatura do Solo; Modelo Híbrido.

## ABSTRACT

NOGUEIRA, José Robson Leite. Hybrid Model Evaluation for the Soil Temperature Obtainment in the region of Pelotas – RS. 2006. 87f. Dissertation (Master's Degree) – Post-Graduation Program in Meteorology. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

This study made an evaluation about the S. Kang's Hybrid Model adequacy, in order to obtain an average temperature of the soil in the region of Pelotas – RS, starting mainly from the average air temperature information. The Hybrid Model is based on an empiric relation between the air and soil temperatures, as well as the heat transfer physics. The results generated by the model were compared with the ones generated by the collected data at the Agricultural/climatological Station, a concord by EMBRAPA/UFPel, located at the UFPel Campus, in Capão de Leão-RS, from a period of twenty three years, between 1966 and 1988. The average temperature results of the soil were analyzed, and estimated for three different depths: five, ten and twenty centimeters. For the depth of five centimeters, the model generated average results that showed a very good agreement with the soil temperature daily average of the measured data, only presenting small differences. The season of the year that was most adequate for the model was winter and summer was the most discordant. The general average standard deviation in the entire period for these results showed identical values for the simulation and the data collected. All of the curves generated by the model followed a behavior pattern of the curves drawn from the real data values. There was a stronger underestimation of the results for the depths of ten and twenty centimeters, and this fact was more evident at bigger depths. However, the simulation by the model adequately recreated the behavior of the average data. The standard deviation for these depths presented a smaller dissipation on the charts than the supplied data. There was a discussion about the applied methodology, and it was concluded that it favored a generalization during the application of the model, which possibly generated differences. However, some adequacies were made for the purpose proposed in this work.

Keywords: Empiric Modeling, Soil Temperature Estimation, Hybrid Model

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Um diagrama esquemático ilustrado dos passos envolvendo a estimativa de temperatura do solo, a partir de dados meteorológicos, topográficos e biológicos..... 53
- FIGURA 2 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, na profundidade de 5 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988..... 56
- FIGURA 3 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, na profundidade de 10 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988..... 56
- FIGURA 4 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, na profundidade de 20 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988..... 57
- FIGURA 5 - Valores da temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 5 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987..... 57
- FIGURA 6 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 5 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1966 a 1968..... 58
- FIGURA 7 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 10 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987..... 58

FIGURA 8 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 20 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987.....	59
FIGURA 9 - Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 5 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	59
FIGURA 10 - Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 10 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	60
FIGURA 11 - Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 20 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	60
FIGURA 12 - Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 5 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	61
FIGURA 13 - Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 10 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	61
FIGURA 14 - Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 20 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Parâmetros de Entrada do Modelo.....	55
TABELA 2	Resultados da estimativa de Difusividade Térmica, obtida através do Método das Amplitudes, para dados relativos ao período de 1961 a 1988, da Estação Agroclimatológica convênio EMBRAPA/UFPEL, em uma profundidade de cinco centímetros, em solo sob vegetação rasteira nativa.....	83
TABELA 3	Valores de Difusividade Térmica do Solo, calculados pelo Método das Amplitudes, para solo sob vegetação rasteira nativa, IAF de 0,48, obtidos através do ambiente MATLAB 7, para dados da Estação Agroclimatológica convênio EMBRAPA/UFPEL, relativos ao período de 1961 a 1988.....	84