



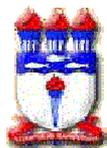
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

Nº de ordem: MET-UFAL-MS-055

**ESTUDO OBSERVACIONAL TEÓRICO E NUMÉRICO DA
TEMPERATURA DO SOLO EM MACEIÓ – AL**

ALESSANDRO DE MELO OMENA

Maceió – Alagoas
2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

Nº de ordem: MET-UFAL-MS-055

**ESTUDO OBSERVACIONAL TEÓRICO E NUMÉRICO DA
TEMPERATURA DO SOLO EM MACEIÓ – AL**

ALESSANDRO DE MELO OMENA

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL, para obtenção do título de Mestre em Ciências Atmosféricas – Área de concentração em processos de Superfície Terrestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim.

Maceió – Alagoas
2009

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

O55e

Omena, Alessandro de Melo.

Estudo observacional teórico e numérico da temperatura do solo em Maceió-AL / Alessandro de Melo Omena, 2009.

ix, 66 f. : il. grafs., tabs.

Orientador: Ricardo Ferreira Carlos de Amorim.

Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2009.

Bibliografia: f. 60-66.

1. Meteorologia agrícola – Alagoas. 2. Solos – Temperatura. 3. Método de simulação. 4. Equações diferenciais parciais. 5. Modelagem numérica. I. Título.

CDU: 551.5:517.96



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-055.

**“ESTUDO OBSERVACIONAL, TEÓRICO E NUMÉRICO DA
TEMPERATURA DO SOLO EM MACEIÓ, AL”**

ALESSANDRO DE MELO OMENA

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim
(Orientador)

Prof. Dr. Cláudio Castro Pellegrini
(Membro Externo - INPE)

Prof. Msc. Marco Antonio Maringolo Lemes
(Membro)

Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura
(Membro interno)

Maceió - AL

Fevereiro/2009

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
PENSAMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
	Páginas
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Considerações gerais sobre o solo	2
2.1.1 Propriedades físicas, químicas e biológicas do solo	4
2.2 Temperaturas do Solo	8
2.3 Modelos de Transporte de Energia do Solo	11
2.3.1 Modelo Analítico X Modelo Numérico	12
2.3.2 Propriedades Térmicas do Solo	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 Condução do calor numa barra	15
3.2 Métodos para a resolução da equação do calor	19
3.2.1 Método das diferenças finitas	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Área de Estudo	23
4.2 Período de Estudo	23
4.3 Dados	23
4.3.1 Parâmetros Medidos	23
4.3.2 Tratamento dos Dados	25
4.4 Dados Físicos e Químicos do Solo	27
4.5 Umidade do Solo	28
4.6 Temperatura do Solo	31
4.7 Fluxo de Calor no Solo	32
4.8 Precipitação Pluviométrica	32
4.9 Estimativas da Difusividade Térmica	33
4.9.1 Método 1. (Difusão de Propagação)	33
4.9.2 Método 2. (Fórmula)	36

4.10 Método Numérico	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Médias horárias da Temperatura do Solo Observadas	38
5.2 Médias horárias da Radiação Global	39
5.3 Precipitação	42
5.4 Fluxo de Calor no Solo	44
5.5 Umidade do Solo	45
5.6 Estimativas da Difusividade Térmica	47
5.6.1 Difusividade pela Propagação	47
5.6.2 Difusividade pela Fórmula	48
5.7 Comparações da Temperatura do Solo Observada e Calculada	49
5.7.1 Dia com Céu Limpo (Dia 18/03/07)	49
5.7.2 Dia de Céu Parcialmente Nublado (Dia 11/03/07)	52
5.7.3 Dia Chuvoso (Dia 09/03/07)	55
6. CONCLUSÕES	58
7. RECOMENDAÇÕES	59
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

Ao meu irmão Alex, a minha
filha Isis e a toda minha família
e amigos.
OFEREÇO.

Aos meus pais, pelo apoio durante
toda a minha caminhada profissional,
carinho e compreensão.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que sempre me orientou em todos os meus passos e que hoje tenho plena convicção de sua existência.

Aos meus amigos Ana, Vânia, Renan e Marlyse que sempre acreditaram no meu trabalho.

Aos amigos de curso Alessandro Fonseca, Ana de Fátima e Julyane que sempre me incentivaram na execução deste trabalho.

Ao professor e orientador Ricardo Amorim pelas sugestões, críticas e incentivos constantes.

Ao professor Marcos Maringolo que sempre esteve ao meu lado tirando dúvidas e sugerindo melhorias nas equações utilizadas.

Ao professor Marcos Moura que com paciência montou a estação de medição da temperatura do solo no DNIT, bem como orientações relevantes para o engrandecimento deste trabalho.

Agradeço aos profissionais do CECA-UFAL que contribuíram com os dados de análise física do solo.

E a todos aqueles que me auxiliaram de forma direta e indireta para que este trabalho se tornasse realidade.

PENSAMENTOS

Água mole em pedra dura, tanto bate até que fura. (Provérbio Popular)

Não permita que o que você não pode fazer interfira com aquilo que você pode fazer.
(Jonh Wooden)

O trabalho árduo é o preço que deve ser pago pelo sucesso real.(E. C. McKenzie)

Quem castiga nem é deus, é os avessos (Guimarães Rosa)

“... mais inteligente é aquele que sabe que não sabe...” (Sócrates)

Pensar é o trabalho mais árduo que há, e talvez seja essa a razão para tão poucos se dedicarem a isso. (Henry Ford)

A essência da felicidade é não ter medo.(Nietzsche)

Tenho pensamentos que, se pudesse revelá-los e fazê-los viver, apresentariam nova luminosidade às estrelas. (Fernando Pessoa)

ESTUDO OBSERVACIONAL TEÓRICO E NUMÉRICO DA TEMPERATURA DO SOLO EM MACEIÓ – AL

OMENA, Alessandro de Melo. Estudo Observacional Teórico e Numérico da Temperatura do Solo em Maceió - AL. Orientador: Dr. Ricardo Carlos Ferreira de Amorim. Maceió-AL, 2009. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas).

RESUMO

A solução de uma equação diferencial parcial parabólica do Fluxo de Calor no Solo permite simular temperaturas ao longo de um perfil especificado. Para tanto, se faz necessário trabalhar com a solução analítica do solo, porém sua solução é muito complexa para determinadas situações de campo. Por este motivo um dos métodos de se trabalhar simulações de temperatura no solo são os chamados métodos numéricos de diferenças finitas que permite trocar as derivadas de 1.^a e 2.^a ordem pelos chamados esquemas numéricos. Neste trabalho o objetivo principal foi simular dados de temperatura com condições de contorno e iniciais para que pudessem ser comparados com dados observados de temperatura de uma estação meteorológica montada em um terreno de solo nu (DNIT). Levaram-se em consideração fatores externos e internos que afetam a temperatura do solo, tais como, radiação solar, fluxo de calor, precipitação, umidade e difusividade térmica que foram calculados ou pela estação ou pela simulação mediante os dados de temperatura do solo. No caso da umidade o método utilizado foi o gravimétrico que permitiu aferir a quantidade de água naquele solo estudado. Já a difusividade, por sua vez, foi usada dois métodos, um pela propagação de energia do solo e o outro de forma analítica, com o uso da fórmula conhecida. Os dados observados foram montados em tabelas onde se mostrou o ritmo de variação da temperatura ao longo do dia do mês de março, visto que os dias considerados foram apenas os três dias 09, 11 e 18, já que o motivo principal foi avaliar o modelo explícito. Depois os dados de temperatura simulados pelo método numérico também foram colocados em gráficos para que pudessem ser comparados com os observados. Constataram-se nos dias 09, 11 e 18 aproximações razoavelmente boas. Este trabalho tem sua importância na aquisição de dados, bem como, uma fonte a mais para que se possa ser utilizados por pesquisadores da área, bem como iniciantes no processo de modelação do solo.

Palavras Chaves: Equação Diferencial Parcial, Temperatura do Solo, Modelagem Numérica.

THEORETICAL OBSERVATIONAL STUDY AND NUMERICAL OF SOIL TEMPERATURE IN MACEIÓ –AL.

OMENA, Alessandro de Melo. Theoretical Observational Study and Numerical of Soil Temperature in Maceió -AL. Orientator: Dr. Ricardo Carlos Ferreira de Amorim. Maceió-AL, 2008. 66p. Dissertation (Master in Atmospheric Sciences).

ABSTRACT

The solution of a differential partial parabolic equation of the Heat Flow on the Soil allows to simulate temperatures along a specific profile. For that, it is necessary to work with the soil analytical solution, but this solution is too complex for certain field situation. For this reason one of the methods of working soil temperature simulation are the called Numerical Methods of Finite Differences which allow to change the first and second order derivades for the called numerical scheme. In this work the main objective was to simulate temperature data with conditions of contour and initials so that they could be compared with observed temperature data of a meteorological station built on a field of naked soil (DNIT). We took into consideration external and internal facts which affect the soil temperature, such as solar radiation, heat flow, precipitation, humidity and thermal diffusivity that were calculated or for the station or for the simulation through the soil temperature data. In the case of humidity the method used was the gravimetric that allowed calculate the amount of water on that studied soil. On the other hand, for the diffusivity, two methods were used, one for the soil energy propagation and the other of analytic way, with the use of the known formula. The observed data were built in tables where we showed the rhythm of temperature variation along the day of March, as the considered days were only the even days, because the main reason was to evaluate the explicit model. After that the temperature data simulated by the numerical method were also put in graphics so that they could be compared with the observed ones. We noted that on days 09, 11 and 18 there were quite good approximation. This work has its importance in the data acquisition, as well as one more source to be used by the researchers of the area, and by beginners in the process of modeling of soil.

Key words: Equation Differential Parcial, Soil Temperature, Numerical Modeling.