CONTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UMA SONDA TÉRMICA
PARA AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DO SOLO

RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de mestre em Agronomia, Área de
concentração: Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Dezembro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - FCLQ/USP

R696c Rodrigues, Ricardo Antonio Ferreira
 Construção e calibração de uma sonda térmica para
 avaliação do teor de água do solo. Piracicaba, 1992
 105p.

 Diss.(Mestre) - ESALQ
 Bibliografia.

 1. Água do solo - Teor 2. Sonda térmica - Construção I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba

CDD 631.432

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UMA SONDA TÉRMICA
PARA AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DO SOLO

RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovada em: 01/03/1993

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

ESALQ/USP

Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Antonio Frizzzone

ESALQ/USP

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

Orientador

HIPÓTESE

*E se Deus é canhoto
e criou com a mão esquerda ?
Isso explica, talvez, as coisas deste mundo.*

CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

Aos meus pais Jeanette e Lauro

À minha esposa Tânia Regina e

Aos meus filhos Renan Augusto

Renata Alessandra

Ruan Alessandro

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Nilson Augusto Villa Nova, pela orientação e pela amizade;

Ao Prof.Dr. Paulo Leonel Libardi, pela amizade, dedicação e qualidade de suas aulas;

Aos Professores do Departamento de Física e Meteorologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP, pela convivência e ensinamentos;

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, pela oportunidade oferecida;

Ao Departamento de Engenharia Civil, da FEIS/UNESP, pela utilização dos Laboratórios;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro concedido;

Ao Prof. Dr. Jeziel Cardoso Freire e Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pelo incentivo no início de minha carreira;

Ao cientista Milton Dall'Aglio Sobrinho, pelos momentos desagradáveis que criou em minha vida acadêmica.

SUMARIO

Página

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xx
SUMMARY.....	xxi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
3. MATERIAL E MÉTODO.....	07
3.1. Teoria do método da dissipação térmica.....	07
3.2. Sonda térmica.....	11
3.3. Calibração do termômetro elétrico.....	11
3.4. Aspectos construtivos e montagem da sonda.....	12
3.4.1. Protótipo da sonda composta.....	12
3.4.2. Sonda composta cilíndrica.....	12
3.5. Montagem e calibração do corpo de prova.....	13
3.5.1. Protótipo da sonda composta.....	14
3.5.2. Sonda composta cilíndrica.....	14
3.5.2.1. Ensaio com solo.....	14
3.5.2.2. Ensaio com areia.....	17
3.6. Caracterização geral do experimento.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1. Calibração do termômetro elétrico.....	20
4.1.1. Do protótipo da sonda composta.....	20

4.1.2. Da sonda composta cilíndrica.....	22
4.2. Calibração do protótipo daA sonda composta em areia.....	25
4.3. Calibração com a sonda composta cilíndrica.....	29
4.3.1. Ensaio com o Podzólico Vermelho Amarelo....	30
4.3.2. Ensaio com o Latossolo Vermelho Escuro.....	35
4.3.3. Ensaio com o Latossolo Vermelho Amarelo....	40
4.3.4. Ensaio com Areia.....	45
5. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICE 1	56
APÊNDICE 2	60
APÊNDICE 3	63
APÊNDICE 4	66
APÊNDICE 5	76
APÊNDICE 6	86
APÊNDICE 7	96

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1.	Corpo de prova e sonda térmica.....	16
2.	Curva Característica da temperatura em função da resistência do termômetro elétrico do pro- tótipo da sonda composta.....	21
3.	Curvas de temperaturas observada e estimada em função da resistência para a sonda 3.....	23
4.	Gráfico do tempo versus temperatura para areia seca (a) e saturada (b).....	27
5.	Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 1.....	31
6.	Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 2.....	36
7.	Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 4.....	41
8.	Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 10.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela	n ^o	Página
1.	Características físicas do material poroso	19
2.	Dados de resistência elétrica em função da temperatura do termômetro elétrico, do protótipo da sonda composta.....	57
3.	Valores de resistência elétrica e temperatura obtidos durante a calibração das sondas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.....	58
4.	Valores de resistência elétrica e temperatura obtidos durante a calibração das sondas 7, 8, 9, 10, 11 e 12.....	59
5.	Parâmetros "a" e "b" da curva característica, coeficiente de correlação R^2 e o número de pontos de temperatura usados na regressão linear.....	24
6.	Resistência inicial e final do termistor para vários tempos e potências para a areia seca.....	61
7.	Resistência inicial e final do termistor para vários tempos e potências para a areia saturada.....	62
8.	Temperatura inicial e final do termistor para vários tempos e potências para areia seca.....	64
9.	Temperatura inicial e final do termistor para	

	vários tempos e potências para areia saturada.....	65
10.	Variação entre as temperaturas inicial e final para areias seca e saturada.....	28
11.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	67
12.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	68
13.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	69
14.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obti-	

dos para a sonda 8 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	70
15. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	71
16. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	72
17. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 9 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	73
18. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obti-	

dos para a sonda 9 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	74
19. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 9 com o Podzólico Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	75
20. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e número de observações para as sondas 1, 8 e 9.....	32
21. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 1, 8 e 9 ensaiadas com o Podzólico Vermelho Amarelo.....	34
22. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 2 com o Latossolo Vermelho Escuro com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	77
23. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de tem-	

	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 2 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	60 segundos.....	78
24.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 2 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	90 segundos.....	79
25.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 3 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	30 segundos.....	80
26.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 3 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	60 segundos.....	81
27.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	

	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 3 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	90 segundos.....	82
28.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 5 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	30 segundos.....	83
29.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 5 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	60 segundos.....	84
30.	Valores de resistência inicial, resistência	
	final, variação de resistência, temperatura	
	inicial, temperatura final, variação de tem-	
	peratura e teor de água a base de peso, obti-	
	dos para a sonda 5 com o Latossolo Vermelho	
	Escuro com o tempo de dissipação térmica de	
	90 segundos.....	85
13.	Parâmetros a e b da regressão linear, coefici-	
	ente de correlação e número de observações pa-	
	ra as sondas 2, 3 e 5.....	37

21. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 2, 3 e 5 ensaiadas com o Latossolo Vermelho Escuro..... 39
33. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos..... 87
34. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos..... 88
35. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos..... 89
36. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura

	inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 6 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	90
37.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 6 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	91
38.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 6 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	92
39.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	93
40.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura	

final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	94
41. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com o Latossolo Vermelho Amarelo com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	95
42. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e número de observações para as sondas 4, 6 e 7.....	42
43. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 4, 6 e 7 ensaiadas com o Latossolo Vermelho Amarelo.....	44
44. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	97
45. Valores de resistência inicial, resistência	

	final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	98
46.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	99
47.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	100
48.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	101
49.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com a Areia com o tempo	

	de dissipação térmica de 90 segundos.....	102
50.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.....	103
51.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.....	104
52.	Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com a Areia com o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.....	105
53.	Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e número de observações para as sondas 10, 11 e 12.....	47
54.	Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 10, 11 e 12 ensaiadas com Areia.....	49

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UMA Sonda Térmica
PARA AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DO SOLO

Autor: RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Orientador: Prof.Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram a construção de sondas térmicas para a avaliação do teor de água do solo e a calibração das mesmas em diversos meios porosos.

Os dados das sondas foram ajustados à equação $U=a+b/\Delta T$, obtida através de desenvolvimento teórico.

Foram construídos dois modelos de sondas de tamanhos diferentes, denominados de protótipo de sonda composta e sonda composta cilíndrica.

A calibração da sonda foi realizada determinando-se o teor de água do solo pelo método gravimétrico, correlacionando-o com a variação entre as temperaturas inicial e final, determinadas antes e após a dissipação térmica.

As sondas térmicas construídas apresentam simplicidade e rapidez de operação na avaliação do teor de água.

As equações da estimativa do teor de água

em função da variação de temperatura, para vários meios porosos foram:

Meio Poroso	Sonda numero	Tempo de Aquecimento (segundos)	Equação $U = a + b/\Delta T$	R^2
Podzólico Vermelho Amarelo	1	30	$U = -3,30979 + 15,77924/\Delta T$	0,91852
		60	$U = -2,25900 + 17,96467/\Delta T$	0,94274
		90	$U = -1,92060 + 19,19154/\Delta T$	0,95042
	8	30	$U = -2,77122 + 19,24473/\Delta T$	0,89991
		60	$U = -2,12804 + 16,02916/\Delta T$	0,91830
		90	$U = -1,84041 + 17,34021/\Delta T$	0,92472
	9	30	$U = -1,41979 + 9,89776/\Delta T$	0,82112
		60	$U = -1,49822 + 14,30422/\Delta T$	0,90946
		90	$U = -1,43477 + 16,41796/\Delta T$	0,94002
Latossolo Vermelho Escuro	2	30	$U = -0,86768 + 8,82598/\Delta T$	0,68240
		60	$U = -0,80326 + 13,48043/\Delta T$	0,88158
		90	$U = -0,45623 + 14,59946/\Delta T$	0,88605
	3	30	$U = -1,25866 + 14,39624/\Delta T$	0,68400
		60	$U = -1,65935 + 19,89454/\Delta T$	0,72746
		90	$U = -2,41661 + 28,34890/\Delta T$	0,82899
	5	30	$U = -2,48655 + 19,59987/\Delta T$	0,70900
		60	$U = -2,26480 + 32,88074/\Delta T$	0,78811
		90	$U = -2,39766 + 42,73222/\Delta T$	0,84680
Latossolo Vermelho Amarelo	4	30	$U = -2,80037 + 11,92246/\Delta T$	0,84965
		60	$U = -1,99036 + 14,16444/\Delta T$	0,88557
		90	$U = -1,62534 + 14,89020/\Delta T$	0,89978
	6	30	$U = -1,65915 + 8,68769/\Delta T$	0,84052
		60	$U = -1,34420 + 11,35457/\Delta T$	0,87591
		90	$U = -1,14912 + 12,27670/\Delta T$	0,88279
	7	30	$U = -2,52269 + 10,82816/\Delta T$	0,78488
		60	$U = -1,59190 + 12,05135/\Delta T$	0,82701
		90	$U = -1,25727 + 12,46267/\Delta T$	0,89425
Areia	10	30	$U = -4,88868 + 29,34093/\Delta T$	0,88684
		60	$U = -3,79499 + 28,25011/\Delta T$	0,94112
		90	$U = -3,31796 + 30,66885/\Delta T$	0,95270
	11	30	$U = -4,42857 + 17,50071/\Delta T$	0,84679
		60	$U = -3,74260 + 25,17400/\Delta T$	0,94142
		90	$U = -3,14141 + 27,53063/\Delta T$	0,94857
	12	30	$U = -5,09918 + 17,83493/\Delta T$	0,76872
		60	$U = -4,44071 + 25,53985/\Delta T$	0,91369
		90	$U = -3,84520 + 28,01426/\Delta T$	0,95988

CONSTRUCTION AND CALIBRATION OF THERMAL PROBES
IN ORDER TO EVALUATE THE SOIL-WATER CONTENT

Author: RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Adviser: Prof. Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

SUMMARY

The objective of this work was the construction, the calibration and the performance of thermal probes in order to evaluate the soil-water content.

The data of thermal probes were adjusted the theoritical equation $U=a+b/\Delta T$, developed in this work.

Two types of probe were constructed with several sizes, called composed probe prototype and cylindrical composed probe.

The probes calibration was done by correlating the soil water content by the gravimetric method with the temperature difference measured the probes.

The thermal probes constrution showed simplify and operational rapidity to evaluate soil-water content.

The estimation of soil-water content based

on difference temperature, to various porous means, were:

Porous Means	Probe number	Time of Heating (second)	Equation $U = a + b/\Delta T$	R^2
Podzólico Vermelho Amarelo	1	30	$U = -3,30979 + 15,77924/\Delta T$	0,91852
		60	$U = -2,25900 + 17,96467/\Delta T$	0,94274
		90	$U = -1,92060 + 19,19154/\Delta T$	0,95042
	8	30	$U = -2,77122 + 19,24479/\Delta T$	0,89991
		60	$U = -2,12804 + 16,02316/\Delta T$	0,91890
		90	$U = -1,84041 + 17,34021/\Delta T$	0,92472
	9	30	$U = -1,41979 + 9,89776/\Delta T$	0,82112
		60	$U = -1,49822 + 14,30422/\Delta T$	0,90946
		90	$U = -1,43477 + 16,41796/\Delta T$	0,94002
Latossolo Vermelho Escuro	2	30	$U = -0,86768 + 8,82598/\Delta T$	0,68240
		60	$U = -0,80326 + 13,48043/\Delta T$	0,88158
		90	$U = -0,45623 + 14,59946/\Delta T$	0,88605
	3	30	$U = -1,25866 + 14,39624/\Delta T$	0,68400
		60	$U = -1,65935 + 19,89454/\Delta T$	0,72746
		90	$U = -2,41661 + 28,34890/\Delta T$	0,82899
	5	30	$U = -2,48655 + 19,59987/\Delta T$	0,70900
		60	$U = -2,26480 + 32,88074/\Delta T$	0,78811
		90	$U = -2,39766 + 42,73222/\Delta T$	0,84680
Latossolo Vermelho Amarelo	4	30	$U = -2,80037 + 11,92246/\Delta T$	0,84365
		60	$U = -1,99036 + 14,16444/\Delta T$	0,88557
		90	$U = -1,62594 + 14,89020/\Delta T$	0,89978
	6	30	$U = -1,65915 + 8,68769/\Delta T$	0,84052
		60	$U = -1,34420 + 11,35457/\Delta T$	0,87531
		90	$U = -1,14312 + 12,27670/\Delta T$	0,88273
	7	30	$U = -2,52269 + 10,82816/\Delta T$	0,78488
		60	$U = -1,59130 + 12,05135/\Delta T$	0,82701
		90	$U = -1,25727 + 12,46267/\Delta T$	0,83425
Areia	10	30	$U = -4,88868 + 23,34093/\Delta T$	0,88684
		60	$U = -9,79493 + 28,25011/\Delta T$	0,94112
		90	$U = -9,91796 + 30,66885/\Delta T$	0,95270
	11	30	$U = -4,42857 + 17,50071/\Delta T$	0,84679
		60	$U = -9,74260 + 25,17400/\Delta T$	0,94142
		90	$U = -9,14141 + 27,59069/\Delta T$	0,94857
	12	30	$U = -5,09918 + 17,83493/\Delta T$	0,76872
		60	$U = -4,44071 + 25,59385/\Delta T$	0,91969
		90	$U = -9,84520 + 28,01426/\Delta T$	0,95388

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do teor de água do solo é requisito básico para o estudo da dinâmica da água no solo, tanto em laboratório como no campo.

Este conhecimento é imprescindível para as várias atividades agronômicas, tais como: compactação do solo para construção de barragens, umidade adequada para o preparo periódico do solo, no manejo de sistemas de irrigação em que é necessário quantificar a variação de água disponível do solo, para decidir quando e quanto irrigar, de modo a proporcionar ao desenvolvimento vegetal condições hídricas favoráveis e um aproveitamento racional da energia e do recurso hídrico disponível, maximizando o lucro.

No estudo da demanda de água em comunidades vegetais é necessário o monitoramento do teor de água do solo.

Quando se estuda o movimento da água em

laboratório, por exemplo, em coluna horizontal ou vertical é necessário utilizar métodos para avaliar o teor de água do solo que sejam rápidos, confiáveis e indestrutíveis.

Uma das exigências para o manejo racional da água no solo é o acompanhamento periódico do grau de umidade. Existem diversos métodos que permitem a determinação do teor de água, os quais podem ser divididos em duas categorias: (1) métodos diretos e (2) métodos indiretos. Os métodos diretos são destrutivos e referem-se à quantidade de água de uma amostra do solo em relação à massa seca (GARDNER 1965).

Os métodos indiretos são indestrutivos e relacionam propriedades físicas e físico-químicas do solo com a variação do teor de água. Entre os diversos métodos indiretos podem ser citados os seguintes: moderação de neutrons, atenuação de raios gama, tensão da água no solo, propriedades elétricas e dissipação térmica.

O método da dissipação térmica se fundamenta no princípio de que a condutividade térmica de um solo é função do teor de água. Deve ser enfatizado que a condutividade térmica considerada não se refere apenas à matriz do solo (fase sólida), mas também às fases líquida e gasosa.

Este trabalho tem como objetivos principais a construção de sondas térmicas e avaliação do seu desempenho na determinação indireta do teor de água do solo, pelo método da dissipação térmica, em amostras indeformadas em condições de laboratório.

2. REVISÃO DE LITERATURA

SHAW & BAVER (1939a) demonstraram a correlação existente entre a condutividade térmica e o teor de água do solo. Utilizaram um dispositivo que consistia de dois fios de cobre nº 40 enrolados em um tubo de vidro e ligados a ponte de Wheatstone, o qual foi introduzido em dois recipientes contendo solo com as mesmas características físicas. Estas resistências apresentavam desbalanceamento devido a variação do teor de água entre os recipientes. No mesmo trabalho, com a finalidade de detectar a influência da concentração de sais na condutividade térmica do solo, utilizaram solução com várias concentrações de NaCl (0; 100; 500; 1000 e 10.000 ppm) e concluíram que a concentração da solução não influencia na condutividade térmica do solo.

Em continuidade a pesquisa com método térmico, SHAW & BAVER (1939b), determinaram a relação entre a

condutividade térmica e o teor de água para seis solos com granulometria variando do arenoso ao argiloso. A relação obtida foi distinta entre os solos e a família de curvas de calibração apresentou um comportamento similar, ou seja, com o acréscimo do teor de água ocorria um aumento da condutividade térmica do solo. A sensibilidade do método foi maior para o solo arenoso e menor para o argiloso.

Uma variação deste método, desenvolvida por HAISE & KALLEY (1946), utiliza a fonte térmica acondicionada em um bloco de gesso, com a finalidade de melhorar o contato com o meio poroso. As curvas obtidas foram de tensão de sucção e resistência elétrica, mas a calibração obtida é válida até quatro atmosferas.

BLOODWORTH e PAGE (1957) utilizaram um termistor inserido em um bloco permeável. Tal configuração tem a função de medir a temperatura do solo e ser a fonte de aquecimento do solo. Concluíram que foi um método rápido, eficiente e não influenciado pela variação da concentração de sais, sendo também um método prático para medir a temperatura do solo.

CORNISH et alii (1973) utilizaram equipamento constituído de dois termistores diretamente em contato com o solo, os quais faziam parte de uma ponte de Wheatstone. Citam que a vantagem de se usar a fonte térmica em contato com o solo é de realizar a calibração com o teor de água do solo, eliminando a influência da sucção dos blocos permeáveis.

ALMEIDA (1973), utilizando-se de

equipamento semelhante ao do trabalho do grupo de Cornish , simplificou o circuito com o uso de dois termistores casados em ponte de Wheatstone. A calibração foi realizada em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, onde a maior precisão obtida foi exatamente entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. Comenta ainda que tal método foi tão sensível que, em ensaio de infiltração em coluna horizontal, a frente de vapor de água pode ser detectada pelo equipamento utilizado.

GOLDSMID et alii (1981) pesquisaram o desempenho de sondas térmicas com diferentes formatos, considerando a geometria delas como sendo esférica, de condutividade térmica infinita e circundada por meio homogêneo e infinito, com a finalidade de facilitar o tratamento analítico. Os resultados obtidos pelos autores permitiram a determinação da condutividade térmica em areia, utilizando sondas compostas contendo resistor e termopar embutidos em uma peça de cobre.

DALL'AGLIO (1983) utilizou termistor NTC envolto por resina epóxi com a finalidade da mesma proporcionar isolamento elétrico e proteger o termistor da ação de sais da solução do solo. O termistor tinha a função de medir a temperatura do solo e dissipar calor . Verificou a importância da temperatura inicial durante a calibração da sonda, visto que a potência de dissipação não era constante. Através de uma função matemática, desenvolvida pelo cientista, tornou possível a calibração independente da temperatura inicial do solo.

DALL'AGLIO e RODRIGUES (1991) utilizaram sondas térmicas constituídas de resistor e termistor, inseridos em

uma peça de latão para determinar o teor de água do solo. A configuração adotada proporcionou potência de dissipação constante, o que elimina a influência da temperatura inicial durante a calibração. A melhor calibração ocorreu com areia e a pior com o solo expansível devido a resistência de contato que apareceu entre a sonda e o solo, resistência esta originada pela expansão e contração causada pela variação do teor de água no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Teoria do Método da Dissipação Térmica

O princípio do método da dissipação térmica é fundamentado na variação da condutividade térmica do meio poroso com o aumento ou diminuição do teor de água. O solo é um material poroso, constituído de três frações: sólida, líquida e gasosa. A condutividade térmica do solo é proporcional ao teor de água em determinado instante.

Em uma fonte térmica localizada em um solo homogêneo e infinito, a dissipação de calor da fonte é diretamente proporcional ao teor de água, e para um intervalo de tempo constante a variação de temperatura da fonte é inversamente proporcional ao teor de água do solo.

Admitindo que a fonte de calor está exposta

a um meio sorvedor homogêneo, infinito e isotrópico e que a transmissão de calor ocorra em regime permanente, a equação para a transmissão de calor por condução é a equação de J.B.J. FOURIER:

$$q = -KA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

q = calor transmitido por unidade de tempo, (cal/s)

K = condutividade térmica do material, (cal/s cm °C)

A = área da seção através da qual o calor flui por condução, (cm²)

$\frac{dT}{dx}$ = gradiente de temperatura na seção, (°C/cm)

Considerando que a fonte de calor seja uma sonda térmica com forma geométrica esférica, temos :

$$q = -K 4\pi r^2 \frac{dT}{dr} \quad (2)$$

Separando-se as variáveis e integrando-se entre as temperaturas inicial e final, obtém-se:

$$\Delta T = T_f - T_i = \frac{q}{4\pi Ka} \quad (3)$$

onde:

ΔT = variação de temperatura após o aquecimento

q = quantidade de calor fornecida por unidade de tempo

K = condutividade térmica do meio circundante (solo)

a = raio efetivo da sonda (determinado como sendo o raio da

esfera com área superficial igual à da sonda).

A transmissão de calor no sistema (sonda térmica / solo) por unidade de tempo é dependente da condutividade térmica do solo e esta da quantidade de água. Porém, ao invés de se obter experimentalmente a condutividade térmica do solo, a qual faz parte da equação (3), utilizou-se o processo alternativo proposto por DALL'AGLIO (1989), que se baseia na equação desenvolvida por DECICO (1987), a qual correlaciona valores de condutividade térmica do solo com o teor de água e densidade :

$$K = a + b \ln U \quad (4)$$

onde,

U = teor de água do meio poroso (%)

a e b = constantes de calibração

A relação obtida é válida para teores de água não inferiores a: 4% para o solo da série Quebra-Dente, 6,5% para o da série Luiz de Queiroz e 8,5% para o da série Iracema. A condutividade térmica do solo é insignificante para teores de água inferiores aos limites citados.

Substituindo-se a equação (4) em (3), temos:

$$U = \exp (-a' + b' / \Delta T) \quad (5)$$

onde,

a' e b' = constantes de calibração

Esta equação estabelece a umidade do solo como função da diferença de temperaturas inicial e final dos experimentos, a qual é usada como escala de calibração da umidade do solo, sem que se utilize diretamente a condutividade térmica do solo, o que se torna vantajoso em razão do procedimento de calibração tornar-se simplificado.

A sonda estará calibrada para um solo quando forem determinados os parâmetros a' e b' da equação 5. Desta maneira conhecendo-se a diferença de temperaturas inicial e final do experimento, tem-se todos os parâmetros necessários para determinar a umidade de uma amostra de solo com as mesmas características físicas do solo utilizado na calibração. Deve-se, então, utilizar de um método adequado de determinação do teor de água do meio poroso. O método escolhido foi o gravimétrico devido à confiabilidade e precisão dos resultados que ele proporciona.

Para um mesmo solo em condições extremas de umidade (solo saturado e seco) a diferença entre as temperaturas inicial e final, após a carga térmica, não é a mesma. A condutividade térmica do solo saturado é maior, ocorrendo maior dissipação de calor em virtude da existência de maior quantidade de água, o que implica que a diferença de temperaturas (ΔT) da sonda em solo saturado é menor.

A curva de calibração da diferença de temperaturas em função do teor de água, equação (5), é válida para uma densidade do solo, independente da temperatura inicial do solo (DALL'AGLIO SOBRINHO & RODRIGUES 1991).

3.2. Sonda Térmica

A sonda térmica é um dispositivo constituído de dois sensores , inseridos em peça metálica, um atuando como fonte térmica e outro como termômetro elétrico.

O elemento utilizado como fonte térmica foi um resistor ,no qual é conduzida uma corrente elétrica , que se transforma em energia térmica pelo efeito Joule. Para o elemento que atua como termômetro elétrico foi utilizado o termistor NTC (coeficiente de temperatura negativa).

A sonda foi introduzida no corpo de prova (solo) a ser ensaiado, e determinou-se a temperatura inicial do sistema (sonda/solo). Em seguida foi aplicada uma corrente elétrica, por determinado tempo, aos terminais do resistor, sendo que a energia térmica gerada foi conduzida para a parte metálica da sonda e depois para o solo. Ao término do tempo de aquecimento foi medida a temperatura final da sonda.

3.3. Calibração do Termômetro Elétrico

O sensor do termômetro elétrico é o termistor, que é um semi-condutor, cuja resistência elétrica é a grandeza física utilizada para estabelecer a escala termométrica, a qual possui uma relação exponencial negativa contínua com a variação de temperatura.

As sondas foram calibradas em banho termotático contendo água. A temperatura escolhida para o banho

foi determinada através de um termômetro de mercúrio com divisão de escala de $0,1^{\circ}\text{C}$. Quando ocorria o equilíbrio térmico entre a sonda e a água, registravam-se as leituras das resistências elétricas dos termistores, através de um multímetro digital.

3.4. Aspectos Construtivos e Montagem da Sonda

3.4.1. Protótipo da Sonda Composta

O protótipo da sonda composta foi confeccionado a partir de uma barra de latão.

A barra com diâmetro de 24,4 mm foi cortada em pedaços de 26,2 mm, na qual foram feitos três furos, com diâmetro de 2 mm e dispostos a 120° onde inseriram-se os resistores ligados em paralelo ($28,3\ \Omega$ e 1 W), e um furo central com diâmetro de 5 mm, no qual adaptou-se o termistor NTC ($80\ \Omega$, com 4 mm de diâmetro e 1 mm de espessura), formando a sonda composta, com peso da parte metálica de 97 g.

Durante a montagem, os furos foram preenchidos com pasta térmica, antes da introdução dos resistores e do termistor, procedimento utilizado para melhorar o contato superficial entre estes e a peça de latão. Os terminais foram isolados eletricamente com verniz e soldados a um cabo de alimentação e leitura.

3.4.2 Sonda Composta Cilíndrica

As sondas foram confeccionadas a partir de

uma barra de latão com 9 mm de diâmetro. A barra foi cortada em pedaços de 13 mm de comprimento, os quais receberam dois furos para alojar o resistor de aquecimento e o termistor, formando a sonda composta. O peso deste bloco de latão é de cinco gramas. Os resistores empregados, de $150\ \Omega$ e 0,25 W possuem 2,5 mm de diâmetro por 7,5 mm de comprimento e foram alojados em furos de 3 mm de diâmetro por 10 mm de comprimento. O furo para colocação do termistor tem 1,8 mm de diâmetro por 5,5 mm de comprimento.

Foram usados NTC comerciais com formato de disco, com 1 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Os termistores foram desbastados até assumir a forma de um prisma retangular com 1 mm de lado e 4 mm de comprimento. Após este processo eles foram limpos com solvente e novamente isolados com verniz.

Os terminais dos resistores e do termistor foram soldados (estanho), separadamente, a quatro fios de um cabo blindado, recebendo nas soldas várias camadas de verniz isolante elétrico. Dois fios foram utilizados para fornecer corrente elétrica ao resistor e dois para medir a resistência elétrica do termistor.

Depois dos orifícios do bloco de latão terem recebido pasta térmica e de inseridos o termistor e o resistor, colocou-se uma haste acrílica envolvendo o cabo elétrico, fixando-o no bloco da sonda com cola epóxi. A sonda com a haste ficou com comprimento total de 90 mm.

3.5. Montagem e Calibração do Corpo de Prova

3.5.1. Protótipo da Sonda Composta

Com o objetivo de se estabelecer a potência e o tempo de dissipação, o protótipo foi ensaiado em areia (meio poroso) , padronizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, com granulometria situada entre as peneiras 50 e 100 USBS.

A areia foi colocada em um recipiente cilíndrico, com 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura, até preencher um volume de 863 cm³.

A sonda ficou na posição central no meio poroso e a 5,0 cm de profundidade.

O teste foi realizado inicialmente com a areia seca e depois procedeu-se a saturação, com adição de água pela superfície.

Os tempos de aquecimento utilizados na calibração foram de 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos e as tensões de 4,0, 6,0, 12,0, 25,0 e 27,5 volts.

Após a escolha da tensão desejada e da leitura da resistência inicial do NTC, acionou-se a fonte e anotou-se a resistência final para os tempos escolhidos.

3.5.2. Sonda Composta Cilíndrica

3.5.2.1. Ensaio com Solo

O solo foi coletado com o auxílio do

cilindro de Hulland com a finalidade de preservar sua estrutura física. Após a coleta, retirou-se o anel do cilindro (75 mm de altura e 73 mm de diâmetro). Em seguida, eliminou-se o excesso de solo e colocou-se pano nas superfícies superior e inferior. O cilindro foi colocado em caixa com serragem e transportado para o laboratório. No laboratório procedeu-se o umedecimento da amostra e em seguida terminou-se de eliminar o solo das extremidades do anel com o auxílio de um fio de aço. O corpo de prova do solo devidamente preparado foi levado a secar em estufa a $105-110^{\circ}\text{C}$ até peso constante.

A extremidade inferior do anel foi fechada com tela de nylon para garantir que não ocorresse perda de solo durante o ensaio. A mesma foi colocada sobre uma chapa quadrada de PVC, com 70 mm de lado e com furos de 7 mm de diâmetro, para permitir a drenagem da água do solo.

Na extremidade superior do anel foi colocada uma peça retangular de PVC, com 70mm de comprimento, 15 mm de largura e 5 mm de espessura, com furo central de 7 mm. A finalidade desta peça é fixar a parte de plástico da sonda e assegurar que a mesma não sofra impactos, prejudicando o contato da parte metálica da sonda com o solo.

Para fixação das peças de PVC no anel foram utilizados dois parafusos com comprimento de 80 mm, os quais foram introduzidos em furos feitos nas extremidades das peças.

Com uma broca de mesmo diâmetro da sonda, foi feito um furo central no corpo de prova (solo) até a profundidade de 4,5 cm, onde foi alojada a sonda.

O corpo de prova está representado na parte esquerda da Figura 1, onde são visualizados o anel de Hulland, as peças de PVC e a sonda térmica. Na parte direita observam-se a sonda térmica, com a parte metálica, a haste de fixação e os terminais para acoplamento no multímetro e na fonte de corrente contínua.

Figura 1. Corpo de Prova e Sonda Térmica.

Terminada a montagem do corpo de prova, o mesmo foi colocado em uma bandeja com uma lâmina de água de

20 mm, para que ocorresse saturação do solo por capilaridade, durante 48 horas. A seguir, o corpo de prova foi retirado, secando-se sua base com um pano, para retirar o excesso de água. Após este último procedimento, iniciou-se a calibração

A calibração da sonda térmica em função das variações de temperaturas e teor de água seguiu as seguintes etapas:

- 1) Pesou-se os corpos de prova em uma balança digital com 0,1 g de precisão;
- 2) Determinou-se a resistência inicial do termômetro elétrico da sonda, usando-se um multímetro digital.
- 3) Ligaram-se os terminais do resistor com a fonte de corrente contínua;
- 4) Acionou-se simultaneamente a fonte de corrente contínua com o cronômetro digital;
- 5) Ao final do tempo de aquecimento registrou-se a resistência final do termômetro elétrico.
- 6) O teor de água, a base de peso, foi calculada pela seguinte expressão:

$$U = Ma/Ms$$

onde,

Ma = massa de água.

Ms = massa de solo seco, à estufa.

Sendo a massa de solo conhecida, a massa de água foi determinada pela diferença entre as massas de solo úmido e solo seco.

3.5.2.2. Ensaio com Areia

Os recipientes utilizados para ensaiar a areia tinham as dimensões de 6,5 cm de diâmetro e 8,0 cm de altura. O fundo do recipiente foi perfurado e colocou-se tela de nylon, permitindo-se desta forma a drenagem da água e a manutenção da areia no recipiente. A sonda foi fixada na parte superior através de um suporte de madeira, de forma que a parte metálica da sonda ficasse à profundidade de 4,5 cm da parte superior do recipiente, acrescentando-se a seguir a areia .

Os recipientes foram colocados em uma bandeja com água para ocorrer a saturação por capilaridade.

O procedimento adotado na calibração foi o mesmo do item 3.5.2.1.

3.6. Caracterização Geral do Experimento

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

O material poroso utilizado foi: Podzólico Vermelho Amarelo (P.V.A), Latossolo Vermelho Amarelo (L.V.A), Latossolo Vermelho Escuro (L.V.E) e Areia. A granulometria do material utilizado está apresentado na Tabela 1. A análise granulométrica do solo foi realizado no Laboratório Central de Engenharia Civil da CESP.

Tabela 1. Características Físicas do Material Poroso

Material	Constituintes (%)										
Poroso	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média							
P. V. A	12	4	84	-							
L. V. A	16	3	74	7							
L. V. E	36	6	56	2							
Areia	--	-	100	-							
Densidade (g.cm ⁻³)											
P. V. A			L. V. A		L. V. E			Areia			
S o n d a s											
1	8	9	4	6	7	2	3	5	10	11	12
1,7	1,6	1,5	1,7	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2	1,5	1,3	1,4

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1. Calibração do Termômetro Elétrico

4.1.1. Do Protótipo da Sonda Composta

Obteve-se a curva característica do termômetro elétrico do protótipo da sonda composta, do seguinte modo : o termistor do protótipo foi calibrado com 36 leituras de resistência elétrica, em função da temperatura. As temperaturas empregadas situaram-se na faixa de 8 a 70 °C.

Os valores de resistência elétrica e temperatura, estão apresentados na Tabela 2 (Apêndice 1).

A representação gráfica da temperatura em função da resistência elétrica do termistor está na Figura 2.

Figura 2. Curva característica da temperatura em função da resistência do termômetro elétrico do protótipo da sonda composta.

A curva característica de calibração do termistor (logarítmo da temperatura), foi ajustada por transformação simples, utilizando o seguinte modelo:

$$T = \text{EXP} (a + b R) \quad (6)$$

onde:

T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$);

a e b = parâmetros da equação;

R = resistência elétrica (ohms).

Os parâmetros da equação (6), obtidos por regressão linear foram : $a = 4,50736$, $b = -0,01466$ e $R^2 = 0.995696$.

4.1.2. Da Sonda Composta Cilíndrica

Obteve-se a curva de resistência elétrica em função da temperatura do termômetro elétrico de 12 sondas cilíndricas.

As Tabelas 3 e 4 (Apêndice 1) apresentam os dados obtidos para as sondas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

As sondas foram calibradas simultaneamente com 19 leituras de resistência elétrica, em função da temperatura. As temperaturas empregadas situaram-se na faixa de 16,5 a 40,1 °C.

O ajuste da curva característica é o mesmo do item 4.1.1.. A figura 3 ilustra as curvas das temperaturas observada e estimada em função da resistência, obtidas através da equação 6, para a sonda 3.

Os parâmetros "a" e "b" da equação 6 , obtidos por regressão linear, para as 12 sondas são apresentados na Tabela 5.

Figura 3. Curvas de temperaturas observada e estimada em função da resistência para a sonda 3.

Tabela 5. Parâmetros a e b da curva característica , coeficiente de correlação R^2 e o número de pontos de temperatura usados na regressão linear.

SONDA	a	b ($\times 10^{-4}$)	R^2	N	RC(20°C)
1	4.221383	-3.996848	0.998894	19	3067
2	4.154778	-4.343255	0.998714	19	2669
3	4.239079	-3.121942	0.999413	19	3983
4	4.226888	-3.907925	0.999331	19	3150
5	4.230538	-5.145334	0.999180	19	2400
6	4.225582	-2.176271	0.999352	19	5651
7	4.204348	-2.862027	0.989201	19	4223
8	4.423967	-30.14825	0.999673	19	474
9	4.236550	-4.201614	0.999100	19	2953
10	4.417568	-29.67032	0.999670	19	479
11	4.433658	-16.83648	0.998753	19	854
12	4.429701	-33.97537	0.999646	19	422

4.2. Calibração do protótipo da sonda composta em areia

Calibrou-se inicialmente o protótipo da sonda composta em areia, em condição de umidade extrema, para diversos tempos e potências de aquecimento, com o objetivo de verificar a variação de temperatura em função da umidade. Os valores das resistências inicial e final, para os diversos tempos e potências de aquecimento, estão apresentados nas Tabelas 6 e 7 (Apêndice 2), respectivamente para a areia seca e saturada.

Com os dados das resistências foram obtidas as temperaturas através da equação 6 com os parâmetros $a = 4,50736$ e $b = 0,01466$, ou seja :

$$T = \text{EXP} (4,50736 - 0,01466 * R)$$

Os valores de temperaturas inicial e final, obtidos para os diversos tempos e potências de aquecimento, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9 (Apêndice 3) respectivamente para areia seca e saturada.

A figura 4 apresenta os gráficos do tempo de aquecimento versus a temperatura final para as potências de aquecimento de 0,57 , 1,27 , 5,08 , 22,08 e 26,72 W, com areia seca (4a) e saturada (4b). É marcante a influência da umidade da areia na temperatura final, onde verifica-se que efetivamente todos os valores de temperatura final são maiores para o ensaio com areia seca, visto que nesta situação a

condutividade térmica da amostra é menor. Fica evidente tal fato ao comparar-se as curvas dos ensaios entre areias seca e saturada para as potências de 22,08 W e 28,72 W, onde precisou-se utilizar, respectivamente, tempos intermediários de 105 e 75 segundos no ensaio com areia seca, para a sonda térmica não atingir a temperatura final de 70°C, a qual foi a temperatura máxima de calibração do termômetro elétrico.

A Tabela 10 apresenta a variação entre as temperaturas inicial e final para areia seca e saturada. O comportamento térmico observado mostra uma relação crescente da variação de temperatura com o tempo de aquecimento.

Para a potência de dissipação de 0.57 W, a variação de temperatura entre a areia seca e saturada foi de 0.06, 0.14, 0.23, 0.33, 0.54, 0.74, 0.94 e 1.13 °C, respectivamente para os tempos finais de aquecimento de 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos. Com a potência de 1.27 W para os mesmos tempos a variação de temperatura foi de 0.13, 0.30, 0.48, 0.69, 1.12, 1.55, 1.99 e 2.39 °C. A potência de 5.08 w apresentou os seguintes valores : 0.11, 1.02, 1.23, 1.84, 3.23, 4.49, 5.76 e 7.00 °C. As maiores variações de temperatura observadas para as potências de 22.08 w e 28.72 w foram respectivamente 1.30, 3.62, 5.68, 7.88°C e 1.40, 3.64, 6.77, 8.95 °C, para os tempos de 15, 30, 45 e 60 segundos.

Figura 4. Gráfico do tempo versus temperatura para areia seca (a) e saturada (b), para as potências de 0,57 W (□), 1,27 W (+), 5,08 W (▽), 22,08 W (Δ) e 26,72 W (x).

Tabela 10. Variação entre as temperaturas inicial e final para areias seca e saturada.

Variação de Temperatura (°C)					
		AREIA	SECA		
POTÊNCIA (W)					
TEMPO (s)	0,57	1,27	5,08	22,08	26,72
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,21	0,45	1,26	4,96	6,83
30	0,42	0,92	2,79	12,43	14,06
45	0,63	1,34	4,33	17,84	20,72
60	0,81	1,74	5,61	22,65	25,75
75	----	----	----	-----	30,57
90	1,16	2,47	8,07	30,09	-----
105	----	----	----	33,11	-----
120	1,47	3,13	10,13	-----	-----
150	1,76	3,75	12,05	-----	-----
180	2,02	4,31	13,82	-----	-----

		AREIA	SATURADA		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,15	0,32	1,15	3,66	5,43
30	0,28	0,62	1,77	8,81	10,42
45	0,40	0,86	3,10	12,16	13,95
60	0,48	1,05	3,77	14,77	16,80
90	0,62	1,35	4,84	18,40	21,00
120	0,73	1,58	5,64	21,14	23,72
150	0,82	1,76	6,29	23,26	25,71
180	0,89	1,92	6,82	24,87	27,30

Em razão do desempenho observado, do protótipo da sonda composta em areias seca e saturada, em relação a variação de temperatura, para diferentes tempos e potências aquecimento utilizados, optou-se, para a calibração com outro material poroso, por uma configuração menor da sonda e com tempos de aquecimento menores (30, 60 e 90 segundos) e potência de dissipação de 0.96 W.

A opção pela configuração menor da sonda é devido as dimensões do anel coletor do cilindro de Hulland, garantindo desta maneira a condição de dissipação em meio poroso infinito.

A razão da escolha da potência de dissipação de 0.96 W foi a de ser o valor intermediário entre as utilizadas no ensaio, sem causar grandes variações de temperatura, como observado para as potências de 22,08 e 26,72 W, evitando que ocorra fluxo de água devido ao gradiente térmico, conforme determinado por CARY (1965) e CASSEL *et al* (1969), os quais demonstram o movimento da água do solo devido ao gradiente de temperatura e também pela pequena variação de temperatura observado para a potências de 0,57 W.

Optou-se pelos tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos pelo fato de serem tempos que apresentaram intervalos significativos de variação de temperatura, proporcionando condição adequada para a calibração da sonda.

4.3. Calibração com a Sonda Composta Cilíndrica

4.3.1. Ensaio com o Podzólico Vermelho Amarelo

As Tabelas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 (Apêndice 4) apresentam os valores da resistência inicial (R_i), resistência final (R_f), variação de resistência (ΔR), temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f), variação de temperatura (ΔT) e teor de água a base de peso (U%) para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos, obtidos experimentalmente durante a calibração com o Podzólico Vermelho Amarelo.

A Figura 5 mostra a dispersão dos dados da sonda 1 em relação a variação de temperatura para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos, contidos respectivamente nas Tabelas 11, 12 e 13 (Apêndice 4). Verifica-se a existência de três curvas distintas, porém as mesmas apresentam comportamento semelhante, apresentando descontinuidade para teor de água superior a 14,9%. Os valores superiores a este limite apresentaram tendência linear e os inferiores exponencial, com uma diferenciação para a curva de 30 segundos, que apresentou resposta menos sensível em relação aos outros tempos de aquecimento, para teor de água inferior a 4%. O intervalo do teor de água ensaiado situou-se entre 18,6% e 0,9%.

Analisando-se os valores obtidos para a sonda 8, contidos nas Tabelas 14, 15 e 16 (Apêndice 4), e sonda 9, Tabelas 17, 18 e 19 (Apêndice 4), verifica-se um comportamento idêntico ao da sonda 1. Para a sonda 8 a descontinuidade ocorreu com teor de água superior a 14,6% e

com a sonda 9, ocorreu com 14,5%.

Em função dos resultados das Tabelas 11 a 19 (Apêndice 4) foram obtidos os parâmetros "a" e "b" da equação 5, após desprezarem-se os valores da variação de temperatura em função do teor de água para a faixa de descontinuidade das curvas. Os valores dos parâmetros a e b estão apresentados na Tabela 20.

Figura 5. Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 1, para os tempos de 30 segundos (+), 60 segundos (Δ) e 90 segundos (x).

Tabela 20. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e numero de observações para as sondas 1, 8 e 9.

Sonda	a	b	R ²	N
1	-3.30979*	15.77924	0.91852	29
	-2.25900**	17.96467	0.94274	
	-1.92060***	19.19154	0.95042	
8	-2.77122*	13.24473	0.89991	25
	-2.12804**	16.02316	0.91830	
	-1.84041***	17.34021	0.92472	
9	-1.41379*	9.89776	0.82112	29
	-1.49822**	14.30422	0.90946	
	-1.43477***	16.41798	0.94002	

Obs. Os valores apresentados correspondem aos tempos de aquecimento de 30 s (*), 60 s (**) e 90 s (***).

Substituindo-se os parâmetros "a" e "b" da regressão linear, contidos na Tabela 20, na equação $U = \text{EXP} (a + b \Delta T)$, fica estabelecida a relação entre o teor de água à base de peso e a variação de temperatura das sondas térmicas 1, 8 e 9 para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Com os parâmetros determinados elaborou-se a Tabela 21, onde são apresentados os valores do teor de água determinado pelo método gravimétrico e o estimado pelas

respectivas equações.

Recorrendo à Tabela 20 verifica-se que as sondas ensaiadas no Podzólico Vermelho Amarelo apresentaram os valores dos parâmetros "a" e "b" da regressão linear diferentes para os diversos tempos de aquecimento e entre as sondas.

Analisando-se a Tabela 21 observa-se que com o aumento do tempo de aquecimento da sonda térmica existe um melhor ajuste entre os valores dos teores de água determinado e estimado, principalmente para as altas umidades, onde verifica-se que para obter uma resposta razoável com alto teor de água é necessário utilizar a carga térmica com tempos de aquecimento maior. O mesmo comportamento típico da sonda 1 é observado para as sondas 8 e 9, conforme Tabela 21.

Tabela 21. Teor de água determinado (UD) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 1, 8 e 9 ensaiadas com o Podzólico Vermelho Amarelo

S O N D A S											
1				8				9			
Teor de água				Teor de água				Teor de água			
UC%	$\hat{U}$ C%			UC%	$\hat{U}$ C%			UC%	$\hat{U}$ C%		
	30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "
14.9	22.9	19.4	17.9	12.6	7.9	8.1	8.9	14.5	18.4	17.7	16.8
14.6	14.3	15.5	16.0	11.3	11.2	10.9	8.0	14.1	13.9	15.9	15.5
14.3	17.4	17.7	17.2	9.9	7.7	8.1	8.0	13.9	19.8	18.5	18.8
13.3	12.1	12.9	13.4	9.2	8.6	7.7	8.5	12.6	19.4	16.4	15.5
12.5	9.6	11.4	11.9	7.5	7.4	8.4	8.1	11.9	12.6	9.8	10.9
12.3	10.0	10.3	10.6	7.4	6.9	6.6	7.6	11.9	12.3	12.0	12.3
11.8	11.3	10.6	10.7	6.4	7.8	7.1	7.1	10.7	12.3	11.6	11.3
11.1	13.3	13.0	12.9	6.4	6.1	6.5	6.5	10.6	12.4	11.7	11.7
10.6	15.2	14.6	14.5	6.0	5.0	5.8	6.0	10.4	7.6	8.5	9.1
10.1	9.6	9.0	9.1	5.5	4.3	4.6	5.3	10.0	7.2	7.6	8.6
9.5	10.0	10.3	10.4	4.9	5.5	5.4	5.1	9.8	7.9	9.3	9.2
9.0	7.0	7.5	7.5	4.8	5.4	5.3	5.0	9.8	8.5	8.7	8.7
8.8	6.7	7.1	7.2	4.3	5.5	5.4	4.8	9.6	7.2	7.3	7.7
8.2	7.0	7.1	7.2	3.9	4.8	4.7	4.8	9.1	6.1	6.6	6.9
7.9	7.3	6.8	6.7	3.5	5.2	5.1	4.7	8.8	6.6	8.0	7.3
7.7	7.2	6.6	6.6	3.2	4.3	4.3	4.7	8.6	6.7	8.5	7.9
7.3	7.3	6.8	6.5	3.0	2.8	3.2	3.6	8.5	6.1	7.0	7.5
6.9	6.2	6.5	6.6	2.9	3.4	3.1	3.3	7.3	6.2	7.4	7.4
6.7	6.2	6.6	6.6	2.7	2.4	2.2	2.3	7.0	5.9	6.1	7.0
6.6	5.4	6.6	6.6	2.1	1.9	1.9	1.9	6.6	5.5	5.4	5.5
5.4	5.6	5.5	5.5	2.0	1.6	1.7	1.7	5.7	5.9	7.0	5.9
4.7	3.9	4.3	4.3	1.9	1.7	1.7	1.7	5.7	6.0	6.4	6.2
3.7	4.1	3.9	3.8	1.8	1.6	1.5	1.5	4.7	4.8	4.8	4.9
2.6	2.1	2.1	2.1	1.5	1.6	1.7	1.4	4.1	4.4	3.9	3.9
2.1	1.8	1.8	1.8	1.2	1.6	1.4	1.4	3.3	4.4	3.4	3.5
1.9	2.0	2.0	2.0					3.1	3.5	3.9	3.6
1.6	1.8	1.6	1.7					2.5	3.0	2.4	2.3
1.5	1.9	1.9	1.8					2.3	3.1	2.5	2.4
0.9	1.8	1.7	1.6					1.2	2.3	1.8	1.8

4.3.2. Ensaio com o Latossolo Vermelho Escuro

As Tabelas 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 (Apêndice 5) apresentam os valores da resistência inicial (R_i), resistência final (R_f), variação de resistência (ΔR), temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f), variação de temperatura (ΔT) e teor de água a base de peso ($U\%$), para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos, obtidos experimentalmente durante a calibração com o Latossolo Vermelho Escuro.

A dispersão dos dados da sonda 2, contidos nas Tabelas 22, 23 e 24 (Apêndice 5), respectivamente para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos, em relação a variação de temperatura em função do teor de água, pode ser visualizado na Figura 6. Verifica-se a presença de três curvas diferenciadas com descontinuidade para teor de água superior a 25,5%. Para os três tempos de aquecimento, o de 30 segundos foi o que apresentou menor sensibilidade da diferença de temperaturas em função do teor de água. O intervalo do teor de água ensaiado foi de 2,9% a 31,8%.

Pelos dados de calibração com a sonda 3, contidos nas Tabelas 25, 26 e 27 (Apêndice 5), e sonda 5, Tabelas 28, 29 e 30 (Apêndice 5), verifica-se que estas possuem o mesmo comportamento da sonda 2. Para a sonda 3 a descontinuidade ocorreu para umidade superior a 29,4%, já com a 5 ocorreu com umidade superior a 25,3%.

Com base nos resultados das Tabelas 22 a 30 (Apêndice 5) foram obtidos os parâmetros "a" e "b" da equação

5, após eliminarem-se os dados do teor de água em função da variação de temperatura nas faixas de descontinuidade. Os valores dos parâmetros a e b estão apresentados na Tabela 31.

Figura 6. Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 2, para os tempos de 30 segundos (+), 60 segundos (Δ) e 90 segundos (x).

Tabela 31. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e numero de observações para as sondas 2, 3 e 5.

Sonda	a	b	R ²	N
2	-0.86768*	8.82598	0.882401	29
	-0.80326**	13.48043	0.881587	
	-0.45623**	14.59946	0.886050	
3	-1.25866*	14.39824	0.884000	22
	-1.65935**	19.89454	0.727465	
	-2.41661***	28.34890	0.828990	
5	-2.48655*	19.59987	0.709000	23
	-2.26480**	32.88074	0.788110	
	-2.33766***	42.73222	0.846807	

Obs. Os valores apresentados correspondem aos tempos de aquecimento de 30 s (*), 60 s (**) e 90 s (***).

Substituindo-se os parâmetros "a" e "b" da regressão linear, contidos na Tabela 31, na equação $U = \text{EXP}(-a + b / \Delta T)$, fica estabelecida a relação entre o teor de água a base de peso e a variação de temperatura das sondas térmicas 2, 3 e 5 para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Com as equações da umidade em função da variação de temperatura para o Latossolo Vermelho Escuro elaborou-se a Tabela 32, onde são apresentados os valores das umidades observada e estimada para as sondas 2, 3 e 5 com os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Analisando-se a Tabela 32 observa-se que com o aumento do tempo de aquecimento da sonda térmica existe um melhor ajuste das curvas, principalmente para as altas umidades, onde verifica-se que para obter uma resposta razoável com alto teor de água é necessário utilizar uma carga térmica maior. O mesmo comportamento típico da sonda 2 é observado para as sondas 3 e 5, conforme Tabela 32.

Tabela 32. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 2, 3 e 5 ensaiadas com o Latossolo Vermelho Escuro.

S O N D A S											
2				3				5			
Teor de água				Teor de água				Teor de água			
U%	$\hat{U}$ %			U%	$\hat{U}$ %			U%	$\hat{U}$ %		
	30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "
25.5	17.8	23.2	24.0	25.4	17.4	19.4	23.1	25.3	16.6	20.4	20.6
25.0	27.1	27.1	26.9	24.9	19.6	19.4	20.8	24.7	18.5	16.6	18.1
24.4	18.7	23.6	24.5	24.3	22.3	24.4	25.9	24.2	17.7	18.4	19.0
22.6	17.7	21.1	22.0	22.4	17.4	21.7	25.9	22.3	16.0	19.5	20.2
21.0	16.7	20.8	21.1	20.9	17.4	27.5	23.1	21.1	16.2	15.8	16.6
19.9	17.8	20.6	20.2	19.0	19.6	21.7	25.9	18.8	37.3	23.6	21.7
19.2	19.7	22.5	21.8	18.3	25.5	24.4	20.8	17.9	18.6	17.0	17.5
18.5	15.5	18.1	18.7	16.4	34.5	19.4	18.8	16.2	16.1	17.0	16.0
17.6	18.9	21.6	22.0	15.5	10.4	10.2	9.3	15.0	11.5	12.6	13.9
17.2	15.6	17.1	17.1	14.6	11.4	9.4	10.1	14.7	17.8	19.9	18.3
16.0	14.9	16.8	17.1	14.0	9.5	8.7	10.9	14.4	15.0	19.1	17.9
15.6	38.5	18.9	16.6	13.6	10.4	10.2	10.9	13.9	17.0	17.4	17.2
15.4	15.5	15.9	15.6	12.2	8.1	9.4	10.1	12.6	14.4	17.8	19.0
14.7	12.3	12.8	12.8	11.4	10.4	8.7	9.3	11.8	11.1	11.2	10.9
14.4	12.7	12.6	12.7	10.2	9.5	8.1	8.6	11.7	11.5	17.7	12.3
14.1	13.1	12.8	12.8	9.8	10.4	10.2	10.1	10.4	9.4	9.5	10.1
13.7	13.2	14.9	15.1	8.2	10.4	9.4	9.3	10.2	8.2	8.3	8.5
13.5	11.8	11.6	11.6	7.4	8.7	10.2	8.6	8.8	9.1	9.1	9.4
13.1	12.1	12.0	11.9	6.8	9.5	10.2	8.0	7.6	8.7	7.8	7.9
11.8	10.7	11.1	11.3	5.5	7.0	8.1	6.1	7.2	7.5	7.9	7.9
10.9	9.3	8.7	8.8	4.2	6.1	5.9	5.1	6.4	5.9	5.0	4.7
10.1	8.2	8.0	7.9	3.2	5.4	5.0	5.4	6.1	7.7	6.0	5.7
10.0	12.1	9.5	9.5					3.2	6.2	5.8	4.9
9.0	7.7	7.0	7.1								
7.5	8.2	7.1	7.0								
6.7	7.5	7.6	6.5								
6.4	8.1	7.3	7.3								
5.7	7.0	6.2	6.2								
2.9	6.8	5.6	5.7								

4.3.3. Ensaio com o Latossolo Vermelho Amarelo

As Tabelas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41 (Apêndice 6) apresentam os valores da resistência inicial (R_i), resistência final (R_f), variação de resistência (ΔR), temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f), variação de temperatura (ΔT) e teor de água a base de peso (U%) obtidos experimentalmente durante a calibração com o Latossolo Vermelho Amarelo.

Os dados de calibração do Latossolo Vermelho Amarelo, Tabelas 33, 34 e 35, válidos para a sonda 4 estão plotados na Figura 7, onde pode-se observar a existência de três curvas distintas para os tempos de aquecimento. As curvas apresentam-se semelhantes. O solo foi ensaiado com o teor de água variando entre 0,9% a 22,1%.

Observa-se na Figura 7 que a curva de 30 segundos apresenta comportamento menos sensível, na região de 0,9% a 4,0% de teor de água, em relação as curvas de 60 e 90 segundos e existe descontinuidade das curvas para os três tempos de aquecimento para teor de água superior a 15,0%. Esta descontinuidade nas curvas de calibração é observada também para as sondas 6 e 7, respectivamente, para teor de água de 13,2% e 12,2%.

Pelos dados de calibração com a sonda 6, contidos nas Tabelas 36, 37 e 38 (Apêndice 6), e sonda 7, Tabelas 39, 40 e 41 (Apêndice 6), verifica-se que estas apresentam o mesmo comportamento da sonda 4.

Com base nos valores das Tabelas 33 a 41

(Apêndice 6), foram obtidos parâmetros "a" e "b" da equação 5, após desprezarem-se os dados do teor de água na faixa da descontinuidade das curvas. Os resultados obtidos com o ajuste das curvas, estão apresentados na Tabela 42.

Figura 7. Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 4, para os tempos de 30 segundos (+), 60 segundos (Δ) e 90 segundos (x).

Tabela 42. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e número de observações para as sondas 4, 6 e 7.

Sonda	a	b	R ²	N
4	-2.80037*	11.92246	0.843850	26
	-1.99036**	14.16444	0.885577	
	-1.62534**	14.89020	0.893785	
6	-1.65915*	8.68769	0.840522	21
	-1.34420**	11.35457	0.875316	
	-1.14312***	12.27670	0.882730	
7	-2.52269*	10.82816	0.784880	26
	-1.59130**	12.05135	0.827015	
	-1.25727***	12.46267	0.834255	

Obs. Os valores apresentados correspondem aos tempos de aquecimento de 30 s (*), 60 s (**) e 90 s (***).

Substituindo-se os parâmetros "a" e "b" da regressão linear, contidos na Tabela 42, na equação $U = \text{EXP} (a + b \Delta T)$, fica estabelecida a relação entre o teor de água a base de peso e a variação de temperatura da sonda térmica, para as sondas 4, 6 e 7 para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Com as equações do teor de água em função da variação de temperatura para o Latossolo Vermelho Amarelo

elaborou-se a Tabela 43, onde são apresentados os valores das umidades observada e estimada para as sondas 4, 6 e 7 com os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Analisando-se a Tabela 42 observa-se que com o aumento do tempo de aquecimento da sonda térmica existe um melhor ajuste das curvas, principalmente para as altas umidades, onde verifica-se que para obter uma resposta razoável com alto teor de água é necessário utilizar uma carga térmica maior. O mesmo comportamento típico da sonda 4 é observado para as sondas 6 e 7, conforme pode ser observado na Tabela 43.

Tabela 43. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 4, 6 e 7 ensaiadas com o Latossolo Vermelho Amarelo

S O N D A S											
4				6				7			
Teor de água				Teor de água				Teor de água			
U%	$\hat{U}$ %			U%	$\hat{U}$ %			U%	$\hat{U}$ %		
	30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "
15.0	9.2	10.9	11.2	13.2	11.4	11.7	11.8	12.2	8.3	9.4	9.6
14.7	14.2	14.0	13.8	12.9	12.3	12.4	12.4	11.9	10.7	10.6	10.5
14.2	12.0	12.7	12.9	12.5	12.0	12.2	12.2	11.6	8.9	9.6	9.6
12.6	10.2	11.1	11.3	11.2	10.4	10.5	10.5	10.0	7.7	8.3	8.4
11.6	8.5	9.4	9.9	10.4	11.4	11.4	11.3	9.2	8.4	8.7	8.6
10.0	11.9	11.0	10.8	8.9	10.4	10.2	10.0	7.4	7.9	8.4	8.4
9.3	8.4	9.6	9.8	8.2	9.8	10.2	10.2	6.8	11.3	9.6	9.4
7.9	10.3	10.4	11.4	7.0	8.4	8.3	8.3	6.4	6.6	6.7	6.8
7.9	12.1	10.9	10.5	5.5	3.9	4.6	4.9	5.8	7.4	8.1	8.1
6.6	9.1	8.4	8.3	4.6	3.8	3.8	3.9	5.6	6.4	6.7	6.8
6.0	5.9	6.7	6.9	4.3	4.9	4.6	4.5	4.8	5.5	5.5	5.6
5.5	5.6	5.7	5.6	4.2	3.3	3.3	3.3	4.2	5.6	5.3	5.2
5.0	4.9	4.8	4.8	3.9	2.8	2.9	3.0	4.0	4.1	3.6	3.5
4.9	4.7	4.5	4.5	3.8	2.9	2.9	2.9	3.9	3.6	3.4	3.4
4.8	6.6	5.8	5.8	3.4	2.4	2.5	2.5	3.6	2.9	3.0	2.9
4.7	4.5	4.3	4.3	3.3	2.4	2.4	2.5	3.6	2.3	2.5	2.5
4.3	3.8	3.5	3.5	2.5	2.4	2.4	2.4	3.5	2.4	2.4	2.5
4.1	3.8	3.7	3.6	2.2	2.6	2.4	2.3	3.4	2.7	2.8	2.8
3.7	2.8	2.7	2.7	1.8	2.4	2.2	2.2	3.3	2.5	2.5	2.5
3.4	2.4	2.5	2.5	1.7	2.6	2.5	2.5	3.5	2.5	2.5	2.5
3.1	2.5	2.4	2.4	1.0	2.3	2.1	2.1	2.8	2.7	2.7	2.7
2.6	2.6	2.5	2.4					2.6	2.3	2.2	2.2
2.2	2.2	2.2	2.1					2.2	2.4	2.2	2.2
2.1	2.5	2.4	2.4					1.6	2.5	2.2	2.1
1.8	1.8	2.1	2.1					1.5	2.4	2.3	2.2
0.9	2.3	2.0	2.0					0.9	1.9	1.9	1.9

4.3.4. Ensaio com a Areia

Os valores obtidos, durante o ensaio com a Areia, da resistência inicial (R_i), resistência final (R_f), variação de resistência (ΔR), temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f), variação de temperatura (ΔT) e teor de água a base de peso (U%) para os tempos de 30, 60 e 90 segundos de dissipação térmica, com as sondas 10, 11 e 12, estão apresentados nas Tabelas 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 e 52 (Apêndice 7).

Os dados de calibração da Areia com a sonda 10, Tabelas 44, 45 e 46 (Apêndice 7), estão plotados na Figura 8, onde observa-se que para os tempos de 30, 60 e 90 segundos as curvas são distintas. A faixa de teor de água ensaiada foi de 0,2% a 29,7%.

Na Figura 8, observa-se descontinuidade abrupta nas curvas para os três tempos de aquecimento para teor de água superior a 21,1%, situação esta verificada para as sondas 11 e 12, onde ocorreu descontinuidade, respectivamente para as faixas de 23,7% e 21,4%. Os valores superiores a estes limites apresentaram tendência linear e os inferiores exponencial, com diferenciação para as curvas de 30 segundos, que tiveram resposta menos sensível em relação aos outros tempos de aquecimento.

Pelos dados de calibração com a sonda 11, contidos nas Tabelas 47, 48 e 49 (Apêndice 7), e sonda 12, Tabelas 50, 51 e 52 (Apêndice 7), verifica-se que estas apresentam o mesmo comportamento da sonda 10.

Pelos resultados das Tabelas 44 a 52 (Apêndice 7), foram obtidos os parâmetros "a" e "b" da equação 5, após descartar-se os valores da variação de temperatura em função do teor de água para a faixa de descontinuidade das curvas. Os valores dos parâmetros a e b estão apresentados na Tabela 53.

Figura 8. Gráfico da diferença de temperatura em função do teor de água para a sonda 10, para os tempos de 30 segundos (+), 60 segundos (Δ) e 90 segundos (x).

Tabela 53. Parâmetros a e b da regressão linear, coeficiente de correlação e número de observações para as sondas 10, 11 e 12.

Sonda	a	b	R ²	N
10	-4.88868*	23.34093	0.886842	31
	-3.73493**	28.25011	0.941128	
	-3.31796**	30.66885	0.952700	
11	-4.42857*	17.50071	0.846792	32
	-3.74260**	25.17400	0.941425	
	-3.14141***	27.53063	0.948579	
12	-5.09918*	17.83493	0.768728	29
	-4.44071**	25.53385	0.913636	
	-3.84520***	28.01426	0.953887	

Obs. Os valores apresentados correspondem aos tempos de aquecimento de 30 s (*), 60 s (**) e 90 s (***).

Substituindo-se os parâmetros "a" e "b" da regressão linear, contidos na Tabela 53, na equação $U = \text{EXP}(a + b \Delta T)$, fica estabelecida a relação entre o teor de água a base de peso e a variação de temperatura das sondas térmicas 10, 11 e 12 para os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Com as equações do teor de água em função da variação de temperatura para a Areia, elaborou-se a Tabela

54, onde são apresentados os valores do teor de água observado e estimado para as sondas 10, 11 e 12 com os tempos de aquecimento de 30, 60 e 90 segundos.

Analisando-se os valores obtidos para a sonda 10, observa-se que com o aumento do tempo de aquecimento existe um melhor ajuste das curvas, principalmente para as altas umidades. Este mesmo comportamento típico da sonda 10 é observado para as sondas 11 e 12, conforme pode ser observado na Tabela 54.

Tabela 54. Teor de água determinado (U) e estimado ($\hat{U}$), para os tempos de aquecimento de 30 segundos (30"), 60 segundos (60") e 90 segundos (90") com as sondas 10, 11 e 12 ensaiadas com a Areia.

S O N D A S											
1 0				1 1				1 2			
Teor de água				Teor de água				Teor de água			
U%		$\hat{U}$ %		U%		$\hat{U}$ %		U%		$\hat{U}$ %	
	30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "		30 "	60 "	90 "
21.1	29.4	28.0	30.0	21.9	22.2	27.1	26.5	21.4	11.2	15.5	19.2
20.9	27.7	29.0	28.2	21.5	24.6	26.3	26.7	20.9	19.7	18.1	24.1
20.8	21.3	19.9	20.1	21.5	30.1	30.2	25.9	20.8	22.2	24.8	24.2
19.5	27.5	25.1	26.7	21.0	63.4	35.7	30.8	20.5	46.6	44.7	32.6
19.1	21.1	23.1	22.9	20.5	16.7	19.3	17.6	20.4	23.3	23.5	24.5
19.1	20.0	23.1	19.6	20.1	44.9	24.8	31.9	19.2	27.1	27.0	25.4
18.5	17.0	19.1	18.3	19.7	21.9	17.9	22.1	18.8	21.9	22.0	22.8
18.4	24.9	23.3	23.5	19.0	9.5	13.6	14.6	18.5	8.1	12.3	15.8
17.7	19.5	21.6	20.5	18.8	17.0	17.9	18.4	18.2	10.2	12.7	13.3
17.7	12.4	14.0	14.2	18.8	21.6	22.3	20.6	18.1	22.5	27.6	23.4
17.7	12.4	15.9	14.8	18.5	15.6	15.9	15.0	18.0	43.4	26.9	22.8
17.5	25.4	19.9	20.2	18.1	7.9	11.5	12.3	17.4	8.8	11.8	12.7
16.9	20.2	20.6	19.3	17.8	15.4	15.2	15.2	17.3	32.6	25.9	23.3
16.6	23.5	19.3	17.9	17.4	20.2	17.4	17.2	17.2	8.8	12.1	12.2
16.3	29.3	21.2	19.0	17.2	16.3	20.0	18.7	16.6	12.0	13.3	15.3
15.6	17.0	16.6	16.1	16.9	10.3	14.7	14.2	16.3	9.1	11.9	12.0
15.5	7.8	9.4	9.7	16.6	16.4	19.0	18.0	15.6	10.8	12.1	12.4
14.9	7.8	8.5	9.4	16.1	10.9	13.3	14.1	15.2	7.0	8.7	8.9
14.6	6.1	9.3	10.2	15.6	8.8	12.2	12.7	14.6	12.0	12.7	12.8
14.4	8.5	9.5	11.0	14.5	11.6	12.1	13.2	12.2	7.7	8.8	9.2
12.7	6.3	9.0	8.5	13.6	11.4	12.5	11.3	10.6	7.5	7.9	8.7
10.0	6.9	7.5	8.8	12.4	10.0	11.3	11.9	8.8	8.0	8.0	10.1
9.9	6.3	6.8	8.0	11.2	11.3	12.9	11.5	7.1	5.3	5.8	6.2
8.0	11.6	9.3	9.8	10.9	9.3	8.6	9.4	3.3	3.7	3.5	3.2
7.4	5.7	5.6	6.0	7.8	5.6	6.5	7.0	2.0	5.4	3.1	2.4
4.1	5.9	5.3	5.1	5.4	6.9	6.3	6.1	1.6	4.3	2.5	2.2
2.0	2.2	1.8	1.8	3.6	3.6	3.6	3.8	0.9	2.1	1.4	1.1
1.1	1.4	1.0	0.9	2.0	1.9	1.7	1.6	0.7	0.8	0.7	0.6
0.7	0.7	0.6	0.6	1.5	1.2	1.0	1.0	0.3	0.5	0.4	0.4
0.3	0.5	0.4	0.4	0.9	1.0	0.7	0.7				
0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.6				
				0.3	1.1	0.7	0.7				

Os parâmetros "a" e "b" das equações representativas das curvas de calibração do teor de água em função da variação de temperatura (Tabelas 20, 31, 42 e 53), determinados conforme o desenvolvimento teórico apresentado no item 4.1, apresentam-se diferentes entre os meios porosos ensaiados.

O ajuste dos dados experimentais, da variação de temperatura em função do teor de água, com a equação $U = \text{EXP} (a + b/\Delta T)$ não apresentaram repetibilidade dos parâmetros "a" e "b" com as sondas térmicas 1, 8 e 9 (Tabela 20) para o Podzólico Vermelho Amarelo, com os valores do R^2 sempre maiores para os tempos de 90 segundos, os quais foram de 0,91; 0,92 e 0,94, respectivamente.

Para o Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 31) os valores do R^2 foram de 0,88; 0,82 e 0,84, respectivamente, para as sondas 2, 3 e 5. No Latossolo Vermelho Amarelo (Tabela 42) os valores do R^2 foram de 0,89; 0,87 e 0,83, respectivamente, para as sondas 4, 6 e 7. Na Areia (Tabela 53) os valores do R^2 foram 0,95; 0,94 e 0,95, respectivamente, para as sondas 10, 11 e 12.

Os melhores ajustes obtidos foram para o Podzólico Vermelho Amarelo e Areia, seguidos do Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo. Tal situação pode ser explicada pela maior quantidade de areia no Podzólico Vermelho Amarelo (84%) e Areia (100%) em comparação com o Latossolo Vermelho Amarelo (74%) e o Latossolo Vermelho Escuro (56%). A areia entre os constituintes do solo é o componente que apresenta o maior valor de condutividade térmica, 8,8 w

$\text{m}^{-1}\text{k}^{-1}$, quando comparado com os minerais de argila, $2,9\text{w}$ $\text{m}^{-1}\text{k}^{-1}$, e a água, $0,8\text{ w}$ $\text{m}^{-1}\text{k}^{-1}$, segundo valores determinados por de Vries¹, citado por MARSHALL & HOLMES (1988).

O arranjo geométrico do filme de água com as partículas do solo, o qual também determina a condução de calor de partícula para partícula, pode ser o fator determinante na não repetibilidade das equações para o mesmo meio poroso. Outro aspecto a ser considerado é a desuniformidade da densidade do meio poroso e a forma artesanal e portanto sem padronização na confecção das sondas térmicas .

¹de VRIES, D.A. Thermal properties of soils. In: van Wijk W.R. ed. *Physics of plant environment*. North-Holland, Amsterdam, 1963, p.210-235.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados experimentais obtidos durante a calibração das sondas térmicas, concluiu-se que:

1. Com o aumento do teor de areia no meio poroso, existe um melhor desempenho da sonda térmica;
2. A equação para estimativa do teor de água é válida para a sonda térmica e o meio poroso ao qual foi calibrada;
3. A não repetibilidade das equações para estimativa do teor de água, para o mesmo meio poroso, pode ser atribuída a diferentes arranjos geométricos da lâmina de água com as suas partículas e também pela pequena variação da densidade;
4. A melhor calibração obtida foi com o Podzólico Vermelho Amarelo (84% de areia) e Areia (100%);
5. Em face do desempenho com as sondas térmicas, é possível que para potência de dissipação maior, elimina-se a descontinuidade nas curvas de calibração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. O uso de termistores para medir a umidade do solo. Jaboticabal, 1973. 75p. (Doutorado-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP)
- BLOODWORTH, M.E. & PAGE, J.B. Use of thermistors for the measurement of soil and temperature. *Soil Sci. Amer. Proc.*, Madison, 21 : 11-15, 1957.
- CARY, J.W. Water flux in moist soil: thermal versus suction gradients. *Soil Sci.*, Baltimore, 100(3) : 168-175, 1965.
- CASSEL, D.K. ; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Soil-Water movement in response to imposed temperature gradients. *Soil Sci. Amer. Proc.*, Madison, 33 : 493-500, 1969.

CORNISH, P.M.; LARYEA, K.B.; BRIDGE, B.J. A nondestructive method of following moisture content and temperature changes in soils using thermistors. *Soil Sci.*, Baltimore, 115(4) : 309-314, 1973.

DALL'AGLIO, Sobr. M. Sensor térmico de umidade para solos. São Carlos, 1983. 99p. (Mestrado-Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

DALL'AGLIO, Sobr. M. & RODRIGUES, R.A.F. Utilização do método térmico na determinação da umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., Londrina, 1991. *Anais.* Londrina, SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1992, 1v, p.692-708.

DECICO, A. Condutividade térmica dos solos : Equações para o cálculo da condutividade térmica de alguns solos em função da densidade e umidade. Piracicaba, 1967. 26p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP)

GARDNER, W.H. Water content. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* 1^aed. Madison, Am. Soc. Agron., 1965. p.82-127.

GOLDSMID, H.J.; DAVIES, K.E.; PAPAIZIAN, V. Probes for measuring the thermal conductivity of granular materials. *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, London, 14 : 1149-1152, 1981.

HAISE, H.R. & KELLEY, O.M. Relation of moisture tension to heat transfer and eletrical resistance in plaster of Paris Blocks. *Soil Sci.*, Baltimore, 61 : 411-422, 1946.

MARSHALL, T.J. & HOLMES, J.W. The physical environment of roots. In: _____. *Soil physics*. 2.ed. Cambridge, University of Cambridge, 1988. cap. 11, p.288-307.

SHAW, B. & BAVER, L.D. Heat condutivity as an index of soil moisture. *J. Am. Soc. Agron.* Whashington, 31 : 886-891, 1939a.

_____ An electrothermal method for following moisture changes of the soil in situ. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Madison, 4 : 78-93, 1939b.

A P E N D I C E 1

Tabela 2. Dados de resistência elétrica em função da temperatura, do termômetro elétrico do protótipo da sonda composta.

T	R(T)	T	R(T)	T	R(T)	T	R(T)
(°C)	(Ω)	(°C)	(Ω)	(°C)	(Ω)	(°C)	(Ω)
8,6	157,36	20,9	101,03	27,9	78,68	45,6	45,09
12,2	135,86	21,6	98,16	30,2	72,97	47,8	42,22
14,4	129,50	22,2	96,32	32,3	67,96	50,0	39,59
16,5	118,63	23,1	93,06	34,4	63,63	52,8	36,30
18,1	113,63	23,9	90,54	36,6	59,19	58,8	30,82
18,9	110,49	24,3	89,21	39,2	54,43	61,0	28,98
19,5	106,42	24,9	87,38	41,7	50,64	63,7	27,02
19,9	103,76	25,5	85,32	43,4	48,15	68,7	23,63
20,2	102,45	25,8	84,40	44,1	47,20	70,0	22,81

Tabela 3. Valores de resistência elétrica e temperatura obtidos durante a calibração das sondas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Resistência Elétrica (Ohms)						
T (°C)	SONDAS					
	1	2	3	4	5	6
16,5	3581	3180	4612	3676	2801	6583
17,6	3414	2975	4431	3489	2656	6263
19,0	3188	2936	4128	3290	2506	5904
20,2	3025	2557	3946	3109	2368	5590
21,8	2831	2409	3699	2923	2226	5256
23,0	2733	2272	3542	2709	2127	4994
24,3	2556	2184	3348	2642	2010	4745
25,4	2458	2046	3227	2538	1939	4542
26,6	2318	1986	3044	2400	1825	4308
27,5	2256	1918	2933	2310	1760	4144
29,6	2110	1703	2745	2226	1647	3828
31,4	1916	1633	2502	2152	1501	3546
32,6	1811	1546	2393	1972	1432	3380
33,4	1789	1527	2340	1881	1405	3284
34,4	1699	1452	2242	1834	1345	3144
35,5	1659	1347	2160	1760	1294	3014
36,1	1600	1309	2094	1692	1256	2955
38,5	1448	1221	1904	1645	1145	2696
40,1	1352	1140	1790	1498	1075	2529

Tabela 4. Valores de resistência elétrica e temperatura obtidos durante a calibração das sondas 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

Resistência Elétrica (Ohms)						
T (°C)	SONDAS					
	7	8	9	10	11	12
16,5	4892	535	3441	544	960	479
17,5	4684	517	3269	520	928	459
19,0	4414	493	3084	496	883	437
20,2	4169	469	2920	479	852	418
21,8	3932	445	2742	449	801	397
23,0	3730	429	2616	433	779	382
24,3	3563	411	2474	414	743	365
25,4	3381	393	2387	402	719	355
26,6	3240	381	2250	382	688	337
27,5	3112	369	2163	370	667	327
29,6	2834	340	2033	349	618	309
31,4	2262	324	1851	325	588	287
32,6	2539	312	1762	314	552	275
33,4	2454	303	1742	306	549	271
34,4	2355	292	1657	295	520	262
35,5	2262	283	1602	286	513	254
36,1	2215	278	1563	280	506	249
38,5	2022	258	1415	258	471	230
40,1	1898	244	1327	247	443	218

A P E N D I C E 2

Tabela 6. Resistência inicial e final do termistor para
vários tempos e potências para areia seca.

TEMPO (s)	RESISTÊNCIA (ohms)				
	P O T Ê N C I A S (W)				
	0,57	1,27	5,08	22,08	26,72
0	74,09	72,99	74,83	72,22	67,93
15	73,63	72,02	72,04	62,23	55,28
30	73,16	71,01	68,82	49,51	44,03
45	72,71	70,12	65,72	41,58	35,09
60	72,31	69,27	63,23	35,23	29,04
75	-	-	-	-	23,70
90	71,56	67,78	58,72	26,44	-
105	-	-	-	23,18	-
120	70,88	66,44	55,15	-	-
150	70,28	65,23	51,97	-	-
180	69,73	64,13	49,18	-	-

OBS.: Os tempos de 75 a 105 seg, foram utilizados para o NTC
não atingir o valor final da resistência de $22,76\Omega$
(70°C).

Tabela 7. Resistência inicial e final do termistor para vários tempos e potência para areia saturada.

TEMPO (s)	RESISTÊNCIA (ohms)				
	P O T Ê N C I A S (W)				
	0,57	1,27	5,08	22,08	26,72
0	76,39	75,03	73,15	77,46	74,61
15	76,04	74,32	70,67	69,39	63,40
30	75,74	73,64	69,36	59,44	54,49
45	75,47	73,11	66,66	53,66	48,83
60	75,29	72,69	65,32	49,49	44,58
90	74,97	72,04	63,26	44,06	38,76
120	74,73	71,55	61,75	40,25	35,24
150	74,52	71,16	60,56	37,43	32,78
180	74,36	70,83	59,59	35,36	30,87

A P E N D I C E 3

Tabela 8. Temperatura inicial e final do termistor para vários tempos e potências para areia seca.

T E M P E R A T U R A (°C)					
TEMPO (s)	P O T Ê N C I A S (W)				
	0,57	1,27	5,08	22,08	28,72
0	30,59	31,09	30,26	31,44	33,48
15	30,80	31,53	31,52	36,40	40,31
30	31,01	32,00	33,05	43,87	47,54
45	31,22	32,42	34,59	49,28	54,20
60	31,40	32,83	35,87	54,09	59,23
75	-	-	-	-	64,06
90	31,75	33,56	38,32	61,53	-
105	-	-	-	64,55	-
120	32,06	34,22	40,38	-	-
150	32,35	34,83	42,31	-	-
180	32,61	35,40	44,08	-	-

Tabela 9. Temperatura inicial e final do termistor para vários tempos e potências para areia saturada.

T E M P E R A T U R A (° C)					
P O T Ê N C I A S (W)					
TEMPO (s)	0,57	1,27	5,08	22,08	26,72
0	29,57	30,17	31,01	29,11	30,36
15	29,73	30,49	32,16	32,77	35,78
30	29,86	30,79	32,79	37,92	40,78
45	29,98	31,03	34,11	41,28	44,31
60	30,06	31,22	34,79	43,88	47,16
90	30,20	31,52	35,86	47,52	51,36
120	30,30	31,75	36,66	50,25	54,08
150	30,40	31,93	37,30	52,37	56,07
180	30,47	32,09	38,84	53,99	57,66

A P E N D I C E 4

Tabela 11. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2386	2274	112	26.3	27.5	1.2	18.6
2192	2101	91	28.4	29.4	1.1	18.2
2123	2017	106	29.2	30.4	1.3	18.1
2416	2299	117	25.9	27.2	1.2	16.8
2212	2099	113	28.1	29.4	1.3	16.3
2108	2003	105	29.3	30.6	1.3	16.1
2554	2316	238	24.5	27.0	2.4	14.9
2354	2117	237	26.6	29.2	2.6	14.6
2333	2105	228	26.8	29.4	2.6	14.3
2545	2283	262	24.6	27.4	2.7	13.3
2318	2068	250	27.0	29.8	2.8	12.5
2750	2458	292	22.7	25.5	2.8	12.3
2436	2182	254	25.7	28.5	2.7	11.8
2377	2135	242	26.3	29.0	2.7	11.1
2124	1909	215	29.1	31.8	2.6	10.6
2664	2379	285	23.5	26.3	2.8	10.1
2319	2071	248	27.0	29.8	2.8	9.5
2754	2443	311	22.7	25.7	3.0	9.0
2745	2432	313	22.7	25.8	3.0	8.8
3121	2764	357	19.6	22.6	3.0	8.2
3101	2749	352	19.7	22.7	3.0	7.9
3001	2661	340	20.5	23.5	3.0	7.7
3141	2784	357	19.4	22.4	3.0	7.3
2879	2546	333	21.6	24.6	3.1	6.9
2764	2445	319	22.6	25.6	3.1	6.7
2439	2149	290	25.7	28.9	3.2	6.6
2969	2618	351	20.8	23.9	3.1	5.4
3041	2654	387	20.2	23.6	3.4	4.7
3086	2697	389	19.8	23.2	3.3	3.7
2710	2321	389	23.1	26.9	3.9	2.6
2908	2475	433	21.3	25.3	4.0	2.1
2417	2064	353	25.9	29.9	3.9	1.9
2777	2363	414	22.5	26.5	4.0	1.6
2256	1917	339	27.7	31.7	4.0	1.5
2177	1845	332	28.5	32.6	4.0	0.9

Tabela 12. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2386	2232	154	26.3	27.9	1.7	18.6
2192	2063	129	28.4	29.2	1.5	18.2
2123	1979	144	29.2	30.9	1.7	18.1
2416	2254	162	25.9	27.7	1.7	16.8
2212	2057	155	28.1	29.9	1.8	16.3
2108	1962	146	29.3	31.1	1.8	16.1
2554	2226	328	24.5	28.0	3.4	14.9
2354	2037	317	26.6	30.2	3.6	14.6
2333	2026	307	26.8	30.3	3.5	14.3
2545	2192	353	24.6	28.4	3.7	13.3
2318	1986	332	27.0	30.8	3.8	12.5
2750	2352	398	22.7	26.6	3.9	12.3
2436	2084	352	25.7	29.6	3.9	11.8
2377	2046	331	26.3	30.1	3.7	11.1
2124	1830	294	29.1	32.8	3.6	10.6
2664	2268	396	23.5	27.5	4.0	10.1
2319	1980	339	27.0	30.9	3.9	9.5
2754	2328	426	22.7	26.9	4.2	9.0
2745	2315	430	22.7	27.0	4.3	8.8
3121	2628	493	19.6	23.8	4.3	8.2
3101	2607	494	19.7	24.0	4.3	7.9
3001	2522	479	20.5	24.9	4.3	7.7
3141	2640	501	19.4	23.7	4.3	7.3
2879	2419	460	21.6	25.9	4.4	6.9
2764	2325	439	22.6	26.9	4.3	6.7
2439	2049	390	25.7	30.0	4.3	6.6
2969	2475	494	20.8	25.3	4.5	5.4
3041	2503	538	20.2	25.1	4.8	4.7
3086	2529	557	19.8	24.8	4.9	3.7
2710	2135	575	23.1	29.0	6.0	2.6
2908	2263	645	21.3	27.6	6.3	2.1
2417	1891	526	25.9	32.0	6.1	1.9
2777	2128	649	22.5	29.1	6.6	1.6
2256	1747	509	27.7	33.9	6.2	1.5
2177	1665	512	28.5	35.0	6.5	0.9

Tabela 13. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 1 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2386	2211	175	26.3	28.2	1.9	18.6
2192	2042	150	28.4	30.1	1.8	18.2
2123	1958	165	29.2	31.1	2.0	18.1
2416	2230	186	25.9	27.9	2.0	16.8
2212	2034	178	28.1	30.2	2.1	16.3
2108	1941	167	29.3	31.4	2.0	16.1
2554	2177	377	24.5	28.5	4.0	14.9
2354	1996	358	26.6	30.7	4.1	14.6
2333	1983	350	26.8	30.8	4.0	14.3
2545	2147	398	24.6	28.9	4.2	13.3
2318	1943	375	27.0	31.3	4.4	12.5
2750	2299	451	22.7	27.2	4.5	12.3
2436	2035	401	25.7	30.2	4.5	11.8
2377	2000	377	26.3	30.6	4.3	11.1
2124	1789	335	29.1	33.3	4.2	10.6
2664	2212	452	23.5	28.1	4.7	10.1
2319	1933	386	27.0	31.5	4.5	9.5
2754	2267	487	22.7	27.5	4.9	9.0
2745	2254	491	22.7	27.7	4.9	8.8
3121	2559	562	19.6	24.5	4.9	8.2
3101	2533	568	19.7	24.8	5.0	7.9
3001	2452	549	20.5	25.6	5.0	7.7
3141	2562	579	19.4	24.5	5.1	7.3
2879	2353	526	21.6	26.6	5.0	6.9
2764	2260	504	22.6	27.6	5.0	6.7
2439	1991	448	25.7	30.7	5.0	6.6
2969	2402	567	20.8	26.1	5.3	5.4
3041	2423	618	20.2	25.9	5.7	4.7
3086	2435	651	19.8	25.7	5.9	3.7
2710	2030	680	23.1	30.3	7.2	2.6
2908	2144	764	21.3	28.9	7.6	2.1
2417	1788	629	25.9	33.3	7.4	1.9
2777	2025	752	22.5	30.3	7.9	1.6
2256	1642	614	27.7	35.3	7.7	1.5
2177	1559	618	28.5	36.5	8.0	0.9

Tabela 14. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
392	375	17	25.6	26.9	1.3	18.8
363	347	16	27.9	29.3	1.4	18.5
354	338	16	28.7	30.1	1.4	17.3
394	377	17	25.4	26.8	1.3	16.2
365	350	15	27.8	29.0	1.3	14.8
352	334	18	28.9	30.5	1.6	13.6
415	379	36	23.9	26.6	2.7	12.6
438	402	30	22.3	24.8	2.6	11.3
393	359	34	25.5	28.3	2.8	9.9
411	376	35	24.2	26.9	2.7	9.2
380	347	33	26.5	29.3	2.8	7.5
353	322	31	28.8	31.6	2.8	7.4
433	395	38	22.6	25.4	2.7	6.4
425	386	39	23.2	26.1	2.9	6.4
436	394	42	22.4	25.4	3.0	6.0
389	351	38	25.8	29.0	3.1	5.5
483	436	47	19.4	22.4	3.0	4.9
482	435	47	19.5	22.5	3.0	4.8
483	462	47	19.4	22.4	3.0	4.3
488	439	49	19.2	22.2	3.0	3.9
456	412	44	21.1	24.1	3.0	3.5
441	397	44	22.1	25.2	3.1	3.2
373	333	40	27.1	30.6	3.5	3.0
475	424	51	19.9	23.2	3.3	2.9
483	426	57	19.4	23.1	3.6	2.7
437	384	53	22.3	26.2	3.9	2.1
459	400	59	20.9	25.0	4.1	2.0
396	347	49	25.3	29.3	4.0	1.9
450	392	58	21.5	25.6	4.1	1.8
376	329	47	26.9	30.9	4.1	1.5
362	317	45	28.0	32.1	4.1	1.2

Tabela 15. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
392	369	23	25.6	27.4	1.8	18.8
363	342	21	27.9	29.8	1.8	18.5
354	332	22	28.7	30.7	2.0	17.3
394	370	24	25.4	27.3	1.9	16.2
365	343	22	27.8	29.7	1.9	14.8
352	329	23	28.9	30.9	2.1	13.6
415	366	49	23.9	27.7	3.8	12.6
438	389	49	22.3	25.8	3.5	11.3
393	347	46	25.5	29.3	3.8	9.9
411	362	49	24.2	28.0	3.8	9.2
380	310	44	26.5	30.3	3.8	7.5
353	380	43	28.8	32.8	4.0	7.4
433	372	53	22.6	26.5	3.9	6.4
425	380	53	23.2	27.2	4.0	6.4
436	337	56	22.4	26.5	4.1	6.0
389	310	52	25.8	30.2	4.4	5.5
483	418	65	19.4	23.7	4.2	4.9
482	417	65	19.5	23.7	4.2	4.8
483	418	65	19.4	23.7	4.2	4.3
488	420	68	19.2	23.5	4.4	3.9
456	395	61	21.1	25.4	4.3	3.5
441	380	61	22.1	26.5	4.5	3.2
373	318	55	27.1	32.0	4.9	3.0
475	402	73	19.9	24.8	4.9	2.9
483	401	82	19.4	24.9	5.5	2.7
437	360	77	22.3	28.2	5.8	2.1
459	375	84	20.9	26.9	6.0	2.0
396	325	71	25.3	31.3	6.0	1.9
450	365	85	21.5	27.8	6.3	1.8
376	309	67	26.9	32.9	6.0	1.5
362	293	69	28.0	34.5	6.5	1.2

Tabela 16. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
392	365	27	25.6	27.8	2.2	18.8
363	340	23	27.9	29.9	2.0	18.5
354	330	24	28.7	30.8	2.2	17.3
394	368	26	25.4	27.5	2.1	16.2
365	341	24	27.8	29.8	2.1	14.8
352	326	26	28.9	31.2	2.4	13.6
415	360	55	23.9	28.2	4.3	12.6
438	378	61	22.3	28.7	4.4	11.3
393	340	53	25.5	29.9	4.4	9.9
411	356	55	24.2	28.5	4.4	9.2
380	329	51	26.5	30.9	4.4	7.5
353	305	48	28.8	33.3	4.5	7.4
433	372	61	22.6	27.2	4.6	6.4
425	364	61	23.2	27.8	4.7	6.4
436	372	64	22.4	27.2	4.8	6.0
389	331	58	25.8	30.8	4.9	5.5
483	409	74	19.4	24.3	4.9	4.9
482	408	74	19.5	24.4	4.9	4.8
483	409	74	19.4	24.3	4.9	4.3
488	411	77	19.2	24.2	5.0	3.9
456	384	72	21.1	26.2	5.1	3.5
441	372	69	22.1	27.2	5.1	3.2
373	311	62	27.1	32.7	5.6	3.0
475	391	84	19.9	25.7	5.7	2.9
483	388	95	19.4	25.9	6.5	2.7
437	346	91	22.3	29.4	7.1	2.1
459	360	99	20.9	28.2	7.3	2.0
396	311	85	25.3	32.7	7.4	1.9
450	349	101	21.5	29.1	7.6	1.8
376	291	85	26.9	34.7	7.8	1.5
362	279	83	28.0	36.3	8.0	1.2

Tabela 17. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 9 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2292	2204	88	26.4	27.4	1.0	18.6
2093	1986	107	28.7	30.0	1.3	18.2
2025	1947	78	29.5	30.5	1.0	18.0
2323	2190	133	26.1	27.6	1.5	16.6
2105	2019	86	28.6	29.6	1.0	16.1
2018	1929	89	29.6	30.8	1.1	15.8
2475	2262	213	24.5	26.7	2.3	14.5
2258	2050	208	26.8	29.2	2.4	14.1
2219	2030	189	27.2	29.5	2.3	13.9
2458	2249	209	24.6	26.9	2.3	12.6
2210	2001	209	27.3	29.8	2.5	11.9
2564	2322	242	23.6	26.1	2.5	11.9
2654	2403	251	22.7	25.2	2.5	10.7
2620	2373	247	23.0	25.5	2.5	10.6
2298	2051	247	26.3	29.2	2.9	10.4
3023	2690	333	19.4	22.3	2.9	10.0
2970	2651	319	19.9	22.7	2.8	9.8
2030	1815	215	29.5	32.3	2.8	9.8
2898	2580	318	20.5	23.4	2.9	9.6
3031	2681	350	19.4	22.4	3.1	9.1
2815	2500	315	21.2	24.2	3.0	8.8
2698	2399	299	22.3	25.2	3.0	8.6
2240	1983	257	27.0	30.1	3.1	8.5
2855	2530	325	20.8	23.9	3.0	7.3
2178	1925	253	27.7	30.8	3.1	7.0
2933	2585	348	20.2	23.3	3.2	6.6
2369	2096	273	25.6	28.7	3.1	5.7
2976	2632	344	19.8	22.9	3.1	5.7
2251	1974	277	26.9	30.2	3.3	4.7
2652	2318	334	22.7	26.1	3.4	4.1
2823	2465	358	21.1	24.6	3.4	3.3
2360	2039	321	25.7	29.4	3.7	3.1
2721	2328	393	22.0	26.0	4.0	2.5
2216	1898	318	27.3	31.2	3.9	2.3
2118	1775	343	28.4	32.8	4.4	1.2

Tabela 18. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 9 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2292	2161	131	28.9	28.4	1.5	18.6
2093	1949	144	29.2	31.0	1.8	18.2
2025	1905	120	30.0	31.6	1.5	18.0
2323	2153	170	28.6	28.5	1.9	18.6
2105	1975	130	29.1	30.7	1.6	18.1
2018	1889	129	30.1	31.8	1.7	15.8
2475	2172	303	25.0	28.3	3.3	14.5
2258	1975	283	27.3	30.7	3.4	14.1
2219	1950	269	27.7	31.0	3.2	13.9
2458	2152	306	25.2	28.5	3.3	12.6
2210	1900	310	27.8	31.6	3.8	11.9
2564	2222	342	24.1	27.7	3.6	11.9
2654	2297	357	23.3	26.9	3.6	10.7
2620	2268	352	23.6	27.2	3.6	10.6
2298	1964	334	26.9	30.8	3.9	10.4
3023	2572	451	20.0	24.0	4.0	10.0
2970	2548	422	20.4	24.3	3.8	9.8
2030	1737	293	30.0	33.9	3.9	9.8
2898	2461	437	21.1	25.1	4.1	9.6
3031	2560	471	19.9	24.2	4.2	9.1
2815	2400	415	21.8	25.8	4.0	8.8
2698	2306	392	22.8	26.8	3.9	8.6
2240	1898	342	27.5	31.7	4.2	8.5
2855	2425	430	21.4	25.5	4.1	7.3
2178	1832	346	28.2	32.5	4.3	7.0
2933	2452	481	20.8	25.2	4.5	6.6
2369	2007	362	26.1	30.3	4.2	5.7
2976	2511	465	20.4	24.6	4.3	5.7
2251	1869	382	27.4	32.0	4.7	4.7
2652	2174	478	23.3	28.3	5.0	4.1
2823	2290	533	21.7	27.0	5.2	3.3
2360	1932	428	26.2	31.2	5.0	3.1
2721	2143	578	22.6	28.6	6.0	2.5
2216	1751	465	27.8	33.7	5.9	2.3
2118	1614	504	28.9	35.7	6.8	1.2

Tabela 19. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 9 com Podzólico Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2292	2137	155	26.9	28.7	1.8	18.6
2093	1932	161	29.2	31.2	2.0	18.2
2025	1882	143	30.0	31.9	1.8	18.0
2323	2131	192	26.6	28.8	2.2	16.6
2105	1951	154	29.1	31.0	1.9	16.1
2018	1868	150	30.1	32.1	1.9	15.8
2475	2122	353	25.0	28.9	3.9	14.5
2258	1930	328	27.3	31.2	3.9	14.1
2219	1910	309	27.7	31.5	3.8	13.9
2458	2101	357	25.2	29.1	3.9	12.6
2210	1862	348	27.8	32.1	4.3	11.9
2564	2172	392	24.1	28.3	4.2	11.9
2654	2240	414	23.3	27.5	4.3	10.7
2620	2214	406	23.6	27.8	4.2	10.6
2298	1920	378	26.9	31.4	4.5	10.4
3023	2519	504	20.0	24.6	4.6	10.0
2970	2483	487	20.4	24.9	4.5	9.8
2030	1692	338	30.0	34.5	4.6	9.8
2898	2401	497	21.1	25.8	4.7	9.6
3031	2496	535	19.9	24.8	4.9	9.1
2815	2325	490	21.8	26.6	4.8	8.8
2698	2238	460	22.8	27.5	4.7	8.6
2240	1853	387	27.5	32.3	4.8	8.5
2855	2360	495	21.4	26.2	4.8	7.3
2178	1794	384	28.2	33.1	4.9	7.0
2933	2382	551	20.8	26.0	5.2	6.6
2369	1932	437	26.1	31.2	5.1	5.7
2976	2435	541	20.4	25.4	5.0	5.7
2251	1813	438	27.4	32.8	5.4	4.7
2652	2098	554	23.3	29.1	5.9	4.1
2823	2213	610	21.7	27.8	6.1	3.3
2360	1852	508	26.2	32.3	6.1	3.1
2721	2039	682	22.6	29.9	7.2	2.5
2216	1668	548	27.8	34.9	7.1	2.3
2118	1528	590	28.9	37.1	8.2	1.2

A P E N D I C E 5

Tabela 22. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 2 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2061	1967	94	26.0	27.1	1.1	31.8
2003	1907	96	26.7	27.8	1.1	31.4
2280	2169	111	23.7	24.8	1.2	29.0
2101	2002	99	25.6	26.7	1.1	28.1
2013	1912	101	26.6	27.8	1.2	27.6
2396	2167	229	22.5	24.9	2.4	25.5
2203	2012	191	24.5	26.6	2.1	25.0
2217	2007	210	24.3	26.7	2.3	24.4
2391	2162	229	22.6	24.9	2.4	22.6
2246	2027	219	24.0	26.4	2.4	21.0
2549	2305	244	21.1	23.4	2.4	19.9
2213	2006	207	24.4	26.7	2.3	19.2
2245	2022	223	24.0	26.5	2.4	18.5
1995	1804	191	26.8	29.1	2.3	17.6
2476	2231	245	21.7	24.2	2.4	17.2
2177	1958	219	24.8	27.2	2.5	16.0
2547	2343	204	21.1	23.0	2.0	15.6
2503	2255	248	21.5	23.9	2.4	15.4
2872	2565	307	18.3	20.9	2.6	14.7
2874	2569	305	18.3	20.9	2.6	14.4
2783	2492	291	19.0	21.6	2.6	14.1
2115	1894	221	25.4	28.0	2.6	13.7
2906	2591	315	18.0	20.7	2.6	13.5
2662	2379	283	20.1	22.7	2.6	13.1
2274	2024	250	23.7	26.5	2.7	11.8
2736	2421	315	19.4	22.3	2.8	10.9
2800	2464	336	18.9	21.9	3.0	10.1
2177	1945	232	24.8	27.4	2.6	10.0
2854	2504	350	18.5	21.5	3.0	9.0
2507	2208	299	21.5	24.4	3.0	7.5
2686	2356	330	19.8	22.9	3.1	6.7
2244	1975	269	24.1	27.0	3.0	6.4
2605	2278	327	20.6	23.7	3.1	5.7
2016	1756	260	26.6	29.7	3.2	2.9

Tabela 23. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor água a base de peso, obtidos para a sonda 2 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2061	1926	135	26.0	27.6	1.6	31.8
2003	1864	139	26.7	28.4	1.7	31.4
2280	2119	161	23.7	25.4	1.7	29.0
2101	1957	144	25.6	27.2	1.7	28.1
2013	1869	144	26.6	28.3	1.7	27.6
2396	2071	325	22.5	25.9	3.4	25.5
2203	1913	290	24.5	27.8	3.3	25.0
2217	1916	301	24.3	27.7	3.4	24.4
2391	2509	332	22.6	26.1	3.5	22.6
2246	1932	314	24.0	27.5	3.5	21.0
2549	2193	356	21.1	24.6	3.5	19.9
2213	1909	304	24.4	27.8	3.4	19.2
2245	1920	325	24.0	27.7	3.6	18.5
1995	1714	281	26.8	30.3	3.5	17.6
2476	2114	362	21.7	25.4	3.7	17.2
2177	1855	322	24.8	28.5	3.7	16.0
2547	2184	363	21.1	24.7	3.6	15.6
2503	2130	373	21.5	25.3	3.8	15.4
2872	2415	457	18.3	23.3	4.0	14.7
2874	2415	459	18.3	22.3	4.0	14.4
2783	2342	441	19.0	23.0	4.0	14.1
2115	1791	324	25.4	29.3	3.8	13.7
2906	2430	476	18.0	22.2	4.1	13.5
2662	2234	428	20.1	24.2	4.1	13.1
2274	1899	375	23.7	27.9	4.2	11.8
2736	2252	484	19.4	24.0	4.5	10.9
2800	2291	509	18.9	23.6	4.7	10.1
2177	1799	378	24.8	29.2	4.4	10.0
2854	2311	543	18.5	23.4	4.9	9.0
2507	2036	471	21.5	26.3	4.9	7.5
2686	2168	518	19.8	24.9	5.0	6.7
2244	1822	422	24.1	28.9	4.8	6.4
2605	2093	512	20.6	25.7	5.1	5.7
2016	1594	422	26.6	31.9	5.3	2.9

Tabela 24. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 2 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2061	1903	158	26.0	27.9	1.8	31.8
2003	1841	162	26.7	28.7	1.9	31.4
2280	2092	188	23.7	25.7	2.0	29.0
2101	1931	170	25.6	27.6	2.0	28.1
2013	1844	169	26.6	28.6	2.0	27.6
2396	2018	378	22.5	26.5	4.0	25.5
2203	1863	340	24.5	28.4	3.9	25.0
2217	1867	350	24.3	28.3	4.0	24.4
2391	2005	386	22.6	26.7	4.1	22.6
2246	1878	368	24.0	28.2	4.2	21.0
2549	2129	420	21.1	25.3	4.2	19.9
2213	1853	360	24.4	28.5	4.1	19.2
2245	1865	380	24.0	28.4	4.3	18.5
1995	1666	329	26.8	30.9	4.1	17.6
2476	2049	427	21.7	26.2	4.4	17.2
2177	1798	379	24.8	29.2	4.4	16.0
2547	2104	443	21.1	25.6	4.5	15.6
2503	2060	443	21.5	26.1	4.6	15.4
2872	2330	542	18.3	23.2	4.9	14.7
2874	2331	543	18.3	23.2	4.9	14.4
2783	2259	524	19.0	23.9	4.9	14.1
2115	1732	383	25.4	30.0	4.6	13.7
2906	2340	566	18.0	23.1	5.0	13.5
2662	2152	510	20.1	25.0	5.0	13.1
2274	1828	446	23.7	28.8	5.1	11.8
2736	2158	578	19.4	25.0	5.5	10.9
2800	2186	614	18.9	24.7	5.8	10.1
2177	1724	453	24.8	30.1	5.4	10.0
2854	2202	652	18.5	24.5	6.0	9.0
2507	1932	575	21.5	27.5	6.1	7.5
2686	2055	631	19.8	26.1	6.3	6.7
2244	1732	512	24.1	30.0	6.0	6.4
2605	1981	624	20.6	27.0	6.4	5.7
2016	1501	515	26.6	33.2	6.7	2.9

Tabela 25. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 3 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3217	3021	196	25.4	27.0	1.6	32.0
3155	2974	180	25.9	27.4	1.5	31.6
2905	2738	167	28.0	29.5	1.5	30.4
2804	2631	173	28.9	30.5	1.6	28.5
3217	2986	231	25.4	27.3	1.9	27.9
2951	2569	382	27.6	31.1	3.5	25.4
2837	2477	360	28.6	32.0	3.4	24.9
3399	2986	413	24.0	27.3	3.3	24.3
3130	2727	403	26.1	29.6	3.5	22.4
3069	2673	396	26.6	30.1	3.5	20.9
3399	2974	424	24.0	27.4	3.4	19.0
3093	2727	366	26.4	29.6	3.2	18.3
3192	2837	355	25.6	28.6	3.0	16.4
2804	2388	415	28.9	32.9	4.0	15.5
3105	2663	443	26.3	30.2	3.9	14.6
3605	3069	536	22.5	26.6	4.1	14.0
3535	3021	514	23.5	27.0	4.0	13.6
3951	3333	618	20.2	24.5	4.3	12.2
4097	3493	603	19.3	23.3	4.0	11.4
3826	3255	571	21.0	25.1	4.1	10.2
3242	2770	472	25.2	29.2	4.0	19.8
3563	3045	518	22.8	26.8	4.0	8.2
3230	2738	492	25.3	29.5	4.2	7.4
3045	2589	456	26.8	30.9	4.1	6.8
2882	2408	474	28.2	32.7	4.5	5.5
3385	2815	571	24.1	28.8	4.7	4.2
3268	2695	573	25.0	29.9	4.9	3.2

Tabela 26. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 3 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3217	2963	254	25.4	27.5	2.1	32.0
3155	2893	261	25.9	28.1	2.2	31.6
2905	2652	253	28.0	30.3	2.3	30.4
2804	2569	235	28.9	31.1	2.2	28.5
3217	2928	289	25.4	27.8	2.4	27.9
2951	2487	464	27.6	31.9	4.3	25.4
2837	2388	449	28.6	32.9	4.3	24.9
3399	2893	505	24.0	28.1	4.1	24.3
3130	2652	478	26.1	30.3	4.2	22.4
3069	2620	449	26.6	30.6	4.0	20.9
3399	2882	517	24.0	28.2	4.2	19.0
3093	2631	462	26.4	30.5	4.1	18.3
3192	2695	497	25.6	29.9	4.3	16.4
2804	2292	511	28.9	33.9	5.0	15.5
3105	2538	568	26.3	31.4	5.1	14.6
3605	2939	666	22.5	27.7	5.2	14.0
3535	2905	630	23.5	28.0	5.0	13.6
3951	3230	721	20.2	25.3	5.1	12.2
4097	3333	764	19.3	24.5	5.2	11.4
3826	3105	721	21.0	26.3	5.3	10.2
3242	2663	580	25.2	30.2	5.0	19.8
3563	2916	647	22.8	27.9	5.1	8.2
3230	2652	578	25.3	30.3	5.0	7.4
3045	2497	548	26.8	31.8	5.0	6.8
2882	2330	552	28.2	33.5	5.3	5.5
3385	2695	691	24.1	29.9	5.8	4.2
3268	2569	699	25.0	31.1	6.1	3.2

Tabela 27. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 3 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3217	2939	278	25.4	27.7	2.3	32.0
3155	2871	284	25.9	28.3	2.4	31.6
2905	2631	274	28.0	30.5	2.5	30.4
2804	2517	286	28.9	31.6	2.7	28.5
3217	2905	312	25.4	28.0	2.6	27.9
2951	2408	543	27.6	32.7	5.1	25.4
2837	2302	535	28.6	33.8	5.2	24.9
3399	2792	606	24.0	29.0	5.0	24.3
3130	2569	561	26.1	31.1	5.0	22.4
3069	2507	562	26.6	31.7	5.1	20.9
3399	2792	606	24.0	29.0	5.0	19.0
3093	2517	576	26.4	31.6	5.2	18.3
3192	2589	603	25.6	30.9	5.3	16.4
2804	2190	613	28.9	35.0	6.1	15.5
3105	2447	658	26.3	32.3	6.0	14.6
3605	2859	746	22.5	28.4	5.9	14.0
3535	2804	731	23.5	28.9	5.9	13.6
3951	3118	833	20.2	26.2	6.0	12.2
4097	3217	880	19.3	25.4	6.1	11.4
3826	2998	829	21.0	27.2	6.2	10.2
3242	2558	684	25.2	31.2	6.0	19.8
3563	2804	759	22.8	28.9	6.1	8.2
3230	2528	702	25.3	35.5	6.2	7.4
3045	2369	676	26.8	33.1	6.3	6.8
2882	2199	683	28.2	34.9	6.7	5.5
3385	2569	817	24.1	31.1	7.0	4.2
3268	2487	781	25.0	31.9	6.9	3.2

Tabela 28. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 5 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
1936	1802	134	25.4	27.2	1.8	34.6
1904	1784	120	25.8	27.5	1.6	32.3
1753	1638	115	27.9	29.6	1.7	31.8
1696	1579	117	28.7	30.5	1.8	31.4
1938	1802	136	25.4	27.2	1.8	28.8
1782	1654	128	27.5	29.4	1.9	28.0
1709	1580	129	28.5	30.5	2.0	27.5
2048	1769	279	24.0	27.7	3.7	25.3
1883	1630	253	26.1	29.7	3.6	24.7
1876	1622	254	26.2	29.8	3.7	24.2
2041	1761	280	24.1	27.8	3.7	22.3
1884	1625	259	26.1	29.8	3.7	21.1
1915	1686	229	25.7	28.9	3.2	18.8
1697	1466	231	28.7	32.3	3.6	17.9
1857	1601	256	26.4	30.2	3.7	16.2
2366	2019	347	20.4	24.3	4.0	15.0
2280	1972	308	21.3	24.9	3.7	14.7
2183	1880	303	22.4	26.1	3.8	14.4
1804	1557	247	27.2	30.9	3.7	13.9
2328	2001	327	20.8	24.6	3.8	12.6
1939	1654	285	25.4	29.4	4.0	11.8
2391	2040	351	20.1	24.1	4.0	11.7
2440	2067	373	19.6	23.7	4.1	10.4
1852	1562	290	26.5	30.8	4.3	10.2
2178	1846	332	22.4	26.6	4.2	8.8
2288	1935	353	21.2	25.4	4.2	7.6
1934	1627	307	25.4	29.8	4.3	7.2
2225	1854	371	21.9	26.5	4.6	6.4
1822	1532	290	26.9	31.3	4.3	6.1
1730	1440	290	28.2	32.8	4.5	3.2

Tabela 29. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 5 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
1936	1741	195	25.4	27.1	2.7	34.6
1904	1718	186	25.8	28.4	2.6	32.3
1753	1566	187	27.9	30.7	2.8	31.8
1696	1502	194	28.7	31.7	3.0	31.4
1938	1720	218	25.4	28.4	3.0	28.8
1782	1567	215	27.5	30.7	3.2	28.0
1709	1493	216	28.5	31.9	3.4	27.5
2048	1599	449	24.0	30.2	6.2	25.3
1883	1452	431	26.1	32.6	6.5	24.7
1876	1454	422	26.2	32.5	6.4	24.2
2041	1590	451	24.1	30.3	6.3	22.3
1884	1449	435	26.1	32.6	6.5	21.1
1915	1503	412	25.7	31.7	6.1	18.8
1697	1303	394	28.7	35.2	6.5	17.9
1857	1433	424	26.4	32.9	6.4	16.2
2366	1802	564	20.4	27.2	6.9	15.0
2280	1779	501	21.3	27.5	6.3	14.7
2183	1700	483	22.4	28.7	6.3	14.4
1804	1392	412	27.2	33.6	6.4	13.9
2328	1806	522	20.8	27.1	6.4	12.6
1939	1464	475	25.4	32.4	7.0	11.8
2391	1813	578	20.1	27.1	7.0	11.7
2440	1826	614	19.6	26.9	7.3	10.4
1852	1367	485	26.5	34.0	7.5	10.2
2178	1627	551	22.4	29.8	7.3	8.8
2288	1692	596	21.2	28.8	7.6	7.6
1934	1426	508	25.4	33.0	7.6	7.2
2225	1587	638	21.9	30.4	8.5	6.4
1822	1311	511	26.9	35.0	8.1	6.1
1730	1235	495	28.2	36.4	8.2	3.2

Tabela 30. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 5 com Latossolo Vermelho Escuro para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
1938	1696	240	25.4	28.7	3.3	34.6
1904	1674	230	25.8	29.1	3.2	32.3
1753	1520	233	27.9	31.5	3.6	31.8
1696	1457	239	28.7	32.5	3.8	31.4
1938	1667	271	25.4	29.2	3.8	28.8
1782	1508	274	27.5	31.6	4.2	28.0
1709	1436	273	28.5	32.8	4.3	27.5
2048	1490	558	24.0	31.9	8.0	25.3
1883	1354	529	26.1	34.3	8.2	24.7
1876	1353	523	26.2	34.3	8.1	24.2
2041	1483	558	24.1	32.1	8.0	22.3
1884	1347	537	26.1	34.4	8.3	21.1
1915	1394	521	25.7	33.6	7.9	18.8
1697	1208	489	28.7	36.9	8.2	17.9
1857	1323	534	26.4	34.8	8.4	16.2
2366	1681	685	20.4	29.0	8.6	15.0
2280	1650	630	21.3	29.4	8.1	14.7
2183	1577	606	22.4	30.5	8.2	14.4
1804	1289	515	27.2	35.4	8.2	13.9
2328	1688	640	20.8	28.8	8.1	12.6
1939	1346	593	25.4	34.4	9.0	11.8
2391	1684	707	20.1	28.9	8.8	11.7
2440	1693	747	19.6	28.8	9.2	10.4
1852	1255	597	26.5	36.0	9.5	10.2
2178	1502	676	22.4	31.7	9.3	8.8
2288	1556	732	21.2	30.9	9.7	7.6
1934	1306	628	25.4	35.1	9.7	7.2
2225	1434	791	21.9	32.9	11.0	6.4
1822	1184	638	26.9	37.4	10.5	6.1
1730	1095	635	28.2	39.1	10.9	3.2

A P E N D I C E 6

Tabela 33. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2480	2379	101	26.0	27.0	1.0	22.1
2466	2366	100	26.1	27.2	1.0	20.3
2258	2159	99	28.3	29.5	1.1	19.9
2188	2095	93	29.1	30.2	1.1	19.6
2518	2406	112	25.6	26.8	1.1	17.7
2317	2223	94	27.7	28.7	1.0	17.0
2209	2113	96	28.9	30.0	1.1	16.6
2613	2378	235	24.7	27.0	2.4	15.0
2405	2204	201	26.8	29.0	2.2	14.7
2457	2246	211	26.2	28.5	2.3	14.2
2638	2405	233	24.4	26.8	2.3	12.6
2465	2239	226	26.1	28.6	2.4	11.6
2477	2264	213	26.0	28.3	2.3	10.0
2186	1982	204	29.2	31.6	2.4	9.3
2405	2192	213	26.8	29.1	2.3	7.9
2395	2189	206	26.9	29.1	2.3	7.9
2726	2480	246	23.6	26.0	2.4	6.6
2327	2096	231	27.6	30.2	2.6	6.0
2781	2505	276	23.1	25.7	2.6	5.5
3147	2821	326	20.0	22.7	2.7	5.0
3148	2819	329	20.0	22.8	2.7	4.9
2477	2238	239	26.0	28.0	2.5	4.8
3069	2747	322	20.6	23.4	2.8	4.7
2936	2617	319	21.7	24.6	2.9	4.3
2814	2510	304	22.8	25.7	2.9	4.1
3016	2663	353	21.1	24.2	3.1	3.7
3086	2712	374	20.5	23.7	3.2	3.4
3150	2769	381	20.0	23.2	3.2	3.1
2738	2413	325	23.5	26.7	3.2	2.6
2938	2576	362	21.7	25.0	3.3	2.2
2459	2162	297	26.2	29.4	3.2	2.1
2829	2457	372	22.7	26.2	3.5	1.8
2215	1938	277	28.8	32.1	3.3	0.9

Tabela 34. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2480	2343	137	26.0	27.4	1.4	22.1
2466	2331	135	26.1	27.5	1.4	20.3
2258	2125	133	28.3	29.9	1.5	19.9
2188	2060	128	29.1	30.6	1.5	19.6
2518	2363	155	25.6	27.2	1.6	17.7
2317	2185	132	27.7	29.2	1.5	17.0
2209	2075	134	28.9	30.4	1.6	16.6
2613	2298	315	24.7	27.9	3.2	15.0
2405	2128	277	26.8	29.8	3.1	14.7
2457	2169	288	26.2	29.3	3.1	14.2
2638	2321	317	24.4	27.7	3.2	12.6
2465	2157	308	26.1	29.5	3.3	11.6
2477	2178	299	26.0	29.2	3.2	10.0
2186	1909	277	29.2	32.5	3.3	9.3
2405	2110	295	26.8	30.0	3.3	7.9
2395	2104	291	26.9	30.1	3.2	7.9
2726	2378	348	23.6	27.0	3.4	6.6
2327	2010	317	27.6	31.2	3.6	6.0
2781	2392	389	23.1	26.9	3.8	5.5
3147	2683	464	20.0	24.0	4.0	5.0
3148	2676	472	20.0	24.1	4.1	4.9
2477	2130	347	26.0	29.8	3.8	4.8
3069	2605	464	20.6	24.8	4.1	4.7
2936	2468	468	21.7	26.1	4.4	4.3
2814	2372	442	22.8	27.1	4.3	4.1
3016	2495	521	21.1	25.8	4.8	3.7
3086	2538	548	20.5	25.4	4.9	3.4
3150	2586	564	20.0	24.9	4.9	3.1
2738	2255	483	23.5	28.4	4.9	2.6
2938	2396	542	21.7	26.9	5.1	2.2
2459	2018	441	26.2	31.1	4.9	2.1
2829	2298	531	22.7	27.9	5.2	1.8
2215	1787	428	28.8	34.1	5.2	0.9

Tabela 35. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 4 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
2480	2326	154	26.0	27.6	1.6	22.1
2466	2313	153	26.1	27.7	1.6	20.3
2258	2109	149	28.3	30.0	1.7	19.9
2188	2042	146	29.1	30.8	1.7	19.6
2518	2342	176	25.6	27.4	1.8	17.7
2317	2167	150	27.7	29.4	1.7	17.0
2209	2056	153	28.9	30.7	1.8	16.6
2613	2257	356	24.7	28.4	3.7	15.0
2405	2090	315	26.8	30.3	3.5	14.7
2457	2131	326	26.2	29.8	3.6	14.2
2638	2279	359	24.4	28.1	3.7	12.6
2465	2118	347	26.1	29.9	3.8	11.6
2477	2135	342	26.0	29.7	3.7	10.0
2186	1872	314	29.2	33.0	3.9	9.3
2405	2069	336	26.8	30.5	3.8	7.9
2395	2061	334	26.9	30.6	3.8	7.9
2726	2327	399	23.6	27.6	4.0	6.6
2327	1965	362	27.6	31.8	4.2	6.0
2781	2331	450	23.1	27.5	4.4	5.5
3147	2611	536	20.0	24.7	4.7	5.0
3148	2602	546	20.0	24.8	4.8	4.9
2477	2077	400	26.0	30.4	4.4	4.8
3069	2531	538	20.6	25.5	4.8	4.7
2936	2392	544	21.7	26.9	5.1	4.3
2814	2297	517	22.8	27.9	5.1	4.1
3016	2404	612	21.1	26.8	5.7	3.7
3086	2442	644	20.5	26.4	5.9	3.4
3150	2484	666	20.0	25.9	6.0	3.1
2738	2163	575	23.5	29.4	5.9	2.6
2938	2293	645	21.7	28.0	6.2	2.2
2459	1936	523	26.2	32.1	6.0	2.1
2829	2200	629	22.7	29.0	6.3	1.8
2215	1699	516	28.8	35.3	6.7	0.9

Tabela 36. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 8 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
4516	4345	171	25.6	26.6	1.0	19.9
4492	4333	159	25.7	26.6	0.9	18.3
4095	3940	155	28.1	29.0	1.0	18.0
3983	3831	152	28.8	29.7	1.0	17.7
4572	4388	184	25.3	26.3	1.0	15.9
4186	4017	169	27.5	28.5	1.0	15.2
4016	3882	134	28.5	29.4	0.8	14.9
4804	4415	389	24.0	26.2	2.1	13.2
4418	4066	352	26.2	28.2	2.1	12.9
4437	4081	356	26.0	28.1	2.1	12.5
4803	4406	397	24.1	26.2	2.2	11.2
4409	4051	358	26.2	28.3	2.1	10.4
4550	4173	377	25.4	27.6	2.2	8.9
3990	3650	340	28.7	30.9	2.2	8.2
4401	4016	385	26.3	28.5	2.3	7.0
4916	4383	533	23.5	26.4	2.9	5.5
5017	4468	549	23.0	25.9	2.9	4.6
4544	4086	458	25.4	28.1	2.7	4.3
5704	5045	659	19.8	22.8	3.0	4.2
5772	5070	702	19.5	22.7	3.2	3.9
5333	4693	640	21.4	24.6	3.2	3.8
5443	4751	692	20.9	24.3	3.4	3.4
5557	4845	712	20.4	23.8	3.4	3.3
4976	4343	633	23.2	26.6	3.4	2.5
5323	4663	660	21.5	24.8	3.3	2.2
5109	4453	656	22.5	26.0	3.5	1.8
4213	3683	530	27.4	30.7	3.3	1.7
4055	3521	534	28.3	31.8	3.5	1.0

Tabela 37. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 6 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
4516	4280	236	25.6	27.0	1.3	19.9
4492	4263	229	25.7	27.1	1.3	18.3
4095	3881	214	28.1	29.4	1.3	18.0
3983	3770	213	28.8	30.1	1.4	17.7
4572	4318	254	25.3	26.7	1.4	15.9
4186	3949	237	27.5	29.0	1.5	15.2
4016	3793	223	28.5	30.0	1.4	14.9
4804	4266	538	24.0	27.0	3.0	13.2
4418	3929	489	26.2	29.1	2.9	12.9
4437	3944	493	26.0	29.0	3.0	12.5
4803	4250	553	24.1	27.1	3.1	11.2
4409	3910	499	26.2	29.2	3.0	10.4
4550	4022	528	25.4	28.5	3.1	8.9
3990	3519	471	28.7	31.8	3.1	8.2
4401	3859	542	26.3	29.5	3.3	7.0
4916	4200	716	23.5	27.4	4.0	5.5
5017	4242	775	23.0	27.2	4.2	4.6
4544	3880	664	25.4	29.4	4.0	4.3
5704	4766	938	19.8	24.2	4.5	4.2
5772	4778	994	19.5	24.2	4.7	3.9
5333	4425	908	21.4	26.1	4.7	3.8
5443	4450	993	20.9	26.0	5.0	3.4
5557	4536	1021	20.4	25.5	5.1	3.3
4976	4060	916	23.2	28.3	5.1	2.5
5323	4336	987	21.5	26.6	5.1	2.2
5109	4138	971	22.5	27.8	5.3	1.8
4213	3434	779	27.4	32.4	5.1	1.7
4055	3249	806	28.3	33.7	5.4	1.0

Tabela 38. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 6 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
4516	4248	268	25.6	27.1	1.5	19.9
4492	4230	262	25.7	27.2	1.5	18.3
4095	3852	243	28.1	29.6	1.5	18.0
3983	3738	245	28.8	30.3	1.6	17.7
4572	4283	289	25.3	26.9	1.6	15.9
4186	3917	269	27.5	29.2	1.7	15.2
4016	3754	262	28.5	30.2	1.7	14.9
4804	4196	608	24.0	27.5	3.4	13.2
4418	3864	554	26.2	29.5	3.4	12.9
4437	3878	559	26.0	29.4	3.4	12.5
4803	4177	626	24.1	27.6	3.5	11.2
4409	3842	567	26.2	29.6	3.4	10.4
4550	3948	602	25.4	29.0	3.6	8.9
3990	3455	535	28.7	32.3	3.5	8.2
4401	3786	615	26.3	30.0	3.8	7.0
4916	4110	806	23.5	28.0	4.5	5.5
5017	4131	886	23.0	27.8	4.9	4.6
4544	3770	767	25.4	30.1	4.6	4.3
5704	4626	1078	19.8	25.0	5.2	4.2
5772	4627	1145	19.5	25.0	5.5	3.9
5333	4269	1064	21.4	27.0	5.6	3.8
5443	4286	1157	20.9	26.9	6.0	3.4
5557	4371	1186	20.4	26.4	6.0	3.3
4976	3897	1079	23.2	29.3	6.1	2.5
5323	4162	1161	21.5	27.7	6.2	2.2
5109	3964	1145	22.5	28.9	6.4	1.8
4213	3300	913	27.4	33.4	6.0	1.7
4055	3096	959	28.3	34.9	6.6	1.0

Tabela 39. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3363	3231	132	25.6	26.6	1.0	19.1
3352	3223	129	25.7	26.6	1.0	17.5
3058	2944	114	27.9	28.8	0.9	17.1
2955	2823	132	28.7	29.9	1.1	16.8
3416	3216	155	25.2	26.3	1.1	14.9
3129	2989	140	27.4	28.5	1.1	14.3
3005	2867	138	28.3	29.5	1.1	13.9
3598	3273	325	23.9	26.2	2.3	12.2
3298	3013	285	26.1	28.3	2.2	11.9
3284	2990	294	26.2	28.5	2.3	11.6
3607	3276	331	23.9	26.2	2.4	10.0
3272	2975	297	26.3	28.6	2.3	9.2
3383	3073	310	25.4	27.8	2.4	7.4
2976	2718	258	28.6	30.8	2.2	6.8
3777	3418	359	22.7	25.2	2.5	6.4
3192	2894	298	26.9	29.3	2.4	5.8
3281	2966	315	26.2	28.7	2.5	5.6
3659	3298	361	23.5	26.1	2.6	4.8
3161	2847	314	27.1	29.7	2.5	4.2
3804	3402	402	22.5	25.3	2.7	4.0
3731	3324	407	23.0	25.9	2.8	3.9
4225	3732	493	20.0	23.0	3.0	3.6
4242	3719	523	19.9	23.1	3.2	3.6
4115	3613	502	20.6	23.8	3.2	3.5
3382	2981	401	25.4	28.5	3.1	3.4
3975	3495	480	21.5	24.6	3.2	3.3
3789	3332	457	22.6	25.8	3.2	3.3
3225	2842	383	26.6	29.7	3.1	2.8
4250	3723	527	19.8	23.1	3.2	2.6
3703	3251	452	23.2	26.4	3.2	2.2
3785	3331	454	22.7	25.8	3.1	1.6
3134	2747	387	27.3	30.5	3.2	1.5
3017	2615	402	28.2	31.7	3.4	0.9

Tabela 40. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3363	3184	179	25.6	26.9	1.3	19.1
3352	3173	179	25.7	27.0	1.3	17.5
3058	2900	158	27.9	29.2	1.3	17.1
2955	2783	172	28.7	30.2	1.5	16.8
3416	3208	208	25.2	26.7	1.5	14.9
3129	2938	191	27.4	28.9	1.5	14.3
3005	2819	186	28.3	29.9	1.5	13.9
3598	3166	432	23.9	27.1	3.1	12.2
3298	2911	387	26.1	29.1	3.1	11.9
3284	2889	395	26.2	29.3	3.1	11.6
3607	3160	447	23.9	27.1	3.3	10.0
3272	2869	403	26.3	29.5	3.2	9.2
3383	2964	419	25.4	28.7	3.2	7.4
2976	2613	363	28.6	31.7	3.1	6.8
3777	3283	494	22.7	26.2	3.5	6.4
3192	2791	401	26.9	30.1	3.3	5.8
3281	2848	433	26.2	29.6	3.5	5.6
3659	3154	505	23.5	27.2	3.7	4.8
3161	2713	448	27.1	30.8	3.7	4.2
3804	3208	596	22.5	26.7	4.2	4.0
3731	3137	594	23.0	27.3	4.3	3.9
4225	3515	710	20.0	24.3	4.5	3.6
4242	3484	758	19.9	24.7	4.8	3.6
4115	3379	736	20.6	25.5	4.8	3.5
3382	2799	583	25.4	30.1	4.6	3.4
3975	3267	708	21.5	26.3	4.8	3.3
3789	3119	670	22.6	27.4	4.8	3.3
3225	2659	566	26.6	31.3	4.7	2.8
4250	3462	788	19.8	24.9	5.0	2.6
3703	3017	686	23.2	28.2	5.0	2.2
3785	3077	708	22.7	27.8	5.1	1.6
3134	2546	588	27.3	32.3	5.0	1.5
3017	2403	614	28.2	33.7	5.4	0.9

Tabela 41. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 7 com Latossolo Vermelho Amarelo para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
3363	3161	202	25.6	27.1	1.5	19.1
3352	3150	202	25.7	27.2	1.5	17.5
3058	2878	179	27.9	29.4	1.5	17.1
2955	2761	194	28.7	30.4	1.6	16.8
3416	3183	233	25.2	26.9	1.7	14.9
3129	2915	214	27.4	29.1	1.7	14.3
3005	2794	211	28.3	30.1	1.8	13.9
3598	3115	483	23.9	27.5	3.5	12.2
3298	2863	435	26.1	29.5	3.5	11.9
3284	2841	443	26.2	29.7	3.5	11.6
3607	3106	501	23.9	27.5	3.7	10.0
3272	2816	456	26.3	29.9	3.7	9.2
3383	2910	473	25.4	29.1	3.7	7.4
2976	2566	410	28.6	32.1	3.6	6.8
3777	3220	557	22.7	26.6	3.9	6.4
3192	2739	453	26.9	30.6	3.7	5.8
3281	2792	489	26.2	30.1	3.9	5.6
3659	3086	573	23.5	27.7	4.2	4.8
3161	2648	513	27.1	31.4	4.3	4.2
3804	3112	692	22.5	27.5	4.9	4.0
3731	3040	691	23.0	28.1	5.0	3.9
4225	3396	829	20.0	25.3	5.4	3.6
4242	3363	879	19.9	25.6	5.7	3.6
4115	3255	860	20.6	26.4	5.8	3.5
3382	2704	678	25.4	30.9	5.4	3.4
3975	3146	829	21.5	27.2	5.7	3.3
3789	3004	785	22.6	28.3	5.7	3.3
3225	2562	663	26.6	32.2	5.6	2.8
4250	3323	927	19.8	25.9	6.0	2.6
3703	2890	813	23.2	29.3	6.1	2.2
3785	2942	843	22.7	28.9	6.2	1.6
3134	2435	699	27.3	33.4	6.0	1.5
3017	2283	734	28.2	34.8	6.6	0.9

A P E N D I C E 7

Tabela 44. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
401	384	17	25.2	26.5	1.3	29.7
391	376	15	26.0	27.2	1.2	27.8
362	344	18	28.3	29.9	1.6	27.2
350	333	17	29.3	30.9	1.5	26.9
398	378	20	25.4	27.0	1.6	25.1
360	343	17	28.5	30.0	1.5	24.2
432	393	39	23.0	25.8	2.8	21.1
391	356	35	26.0	28.8	2.8	20.9
380	345	35	26.8	29.8	2.9	20.8
420	382	38	23.8	26.7	2.8	19.5
436	395	41	22.7	25.7	2.9	19.1
416	377	39	24.1	27.1	3.0	19.1
452	408	44	21.7	24.7	3.0	18.5
443	402	41	22.3	25.1	2.9	18.4
458	414	44	21.3	24.3	3.0	17.7
454	408	46	21.6	24.7	3.2	17.7
376	339	37	27.2	30.3	3.2	17.7
435	395	40	22.8	25.7	2.9	17.5
491	443	48	19.3	22.3	3.0	16.9
482	436	46	19.8	22.7	2.9	16.6
475	431	44	20.3	23.1	2.8	16.3
491	442	49	19.3	22.3	3.0	15.6
382	342	40	26.7	30.0	3.4	15.5
455	406	49	21.5	24.9	3.4	14.9
361	322	39	28.4	31.9	3.5	14.6
444	397	47	22.2	25.5	3.3	14.4
380	339	41	26.8	30.3	3.5	12.7
376	336	40	27.2	30.6	3.4	10.0
473	420	53	20.4	23.8	3.5	9.9
481	431	50	19.9	23.1	3.2	8.0
401	357	44	25.2	28.7	3.5	7.4
483	428	55	19.8	23.3	3.5	4.1
428	373	55	23.3	27.4	4.1	2.0
456	392	64	21.4	25.9	4.5	1.1
387	326	61	26.3	31.5	5.2	0.7
445	370	75	22.1	27.7	5.5	0.3
355	296	59	28.9	34.4	5.5	0.2

Tabela 45. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
401	379	22	25.2	26.9	1.7	29.7
391	370	21	26.0	27.7	1.7	27.8
362	337	25	28.3	30.5	2.2	27.2
350	327	23	29.3	31.4	2.1	26.9
398	371	27	25.4	27.6	2.1	25.1
360	336	24	28.5	30.6	2.1	24.2
432	378	54	23.0	27.0	4.0	21.1
391	343	48	26.0	30.0	4.0	20.9
380	331	49	26.8	31.0	4.2	20.8
420	367	53	23.8	27.9	4.1	19.5
436	380	56	22.7	26.8	4.1	19.1
416	363	53	24.1	28.2	4.1	19.1
452	392	60	21.7	25.9	4.2	18.5
443	386	57	22.3	26.4	4.1	18.4
458	398	60	21.3	25.4	4.2	17.7
454	391	63	21.6	26.0	4.4	17.7
376	326	50	27.2	31.5	4.3	17.7
435	378	57	22.8	27.0	4.2	17.5
491	425	66	19.3	23.5	4.2	16.9
482	417	65	19.8	24.1	4.2	16.6
475	412	63	20.3	24.4	4.2	16.3
491	423	68	19.3	23.6	4.3	15.6
382	327	55	26.7	31.4	4.7	15.5
455	387	68	21.5	26.3	4.8	14.9
361	309	52	28.4	33.1	4.7	14.6
444	379	65	22.2	26.9	4.7	14.4
380	325	55	26.8	31.6	4.8	12.7
376	320	56	27.2	32.1	4.9	10.0
473	399	74	20.4	25.4	5.0	9.9
481	409	72	19.9	24.6	4.7	8.0
401	338	63	25.2	30.4	5.2	7.4
483	404	79	19.8	25.0	5.2	4.1
428	345	83	23.3	29.8	6.5	2.0
456	354	102	21.4	29.0	7.6	1.1
387	290	97	26.3	35.1	8.8	0.7
445	322	123	22.1	31.9	9.7	0.3
355	260	95	28.9	38.3	9.4	0.2

Tabela 48. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 10 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
401	374	27	25.2	27.3	2.1	29.7
391	367	24	26.0	27.9	1.9	27.8
362	334	28	28.3	30.8	2.5	27.2
350	324	26	29.3	31.7	2.4	26.9
398	367	31	25.4	27.9	2.5	25.1
360	333	27	28.5	30.9	2.4	24.2
432	371	61	23.0	27.6	4.6	21.1
391	336	55	26.0	30.6	4.6	20.9
380	324	56	26.8	31.7	4.9	20.8
420	360	60	23.8	28.5	4.6	19.5
436	372	64	22.7	27.5	4.8	19.1
416	354	62	24.1	29.0	4.9	19.1
452	383	69	21.7	26.6	4.9	18.5
443	378	65	22.3	27.0	4.7	18.4
458	389	69	21.3	26.1	4.8	17.7
454	382	72	21.6	26.7	5.1	17.7
376	318	58	27.2	32.3	5.1	17.7
435	370	65	22.8	27.7	4.9	17.5
491	415	76	19.3	24.2	4.9	16.9
482	407	75	19.8	24.8	4.9	16.6
475	402	73	20.3	25.1	4.9	16.3
491	413	78	19.3	24.3	5.0	15.6
382	319	63	26.7	32.2	5.5	15.5
455	378	77	21.5	27.0	5.5	14.9
361	302	59	28.4	33.8	5.4	14.6
444	371	73	22.2	27.6	5.4	14.4
380	316	64	26.8	32.5	5.6	12.7
376	313	63	27.2	32.7	5.6	10.0
473	390	83	20.4	26.1	5.7	9.9
481	399	82	19.9	25.4	5.5	8.0
401	329	72	25.2	31.2	6.0	7.4
483	391	92	19.8	26.0	6.2	4.1
428	330	98	23.3	31.1	7.9	2.0
456	332	124	21.4	31.0	9.5	1.1
387	268	119	26.3	37.4	11.1	0.7
445	293	152	22.1	34.8	12.6	0.3
355	238	117	28.9	40.9	12.0	0.2

Tabela 47. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
731	707	24	24.6	25.6	1.0	30.0
710	684	26	25.5	26.6	1.1	28.1
634	611	23	29.0	30.1	1.1	27.3
723	694	29	24.9	26.2	1.2	25.2
650	621	29	28.2	29.6	1.4	24.2
645	619	26	28.4	29.7	1.3	23.7
780	722	58	22.7	25.0	2.3	21.9
708	657	51	25.6	27.9	2.3	21.5
759	705	54	23.5	25.7	2.2	21.5
700	655	45	25.9	28.0	2.0	21.0
689	637	52	26.4	28.8	2.4	20.5
765	713	52	23.2	25.4	2.1	20.1
800	740	60	21.9	24.2	2.3	19.7
827	757	70	20.9	23.6	2.6	19.0
800	738	62	21.9	24.3	2.4	18.8
799	739	60	21.9	24.3	2.3	18.8
762	703	59	23.4	25.8	2.4	18.5
836	763	73	20.6	23.3	2.7	18.1
792	730	62	22.2	24.6	2.4	17.8
680	630	50	26.8	29.2	2.4	17.4
899	826	73	18.5	21.0	2.4	17.2
877	802	75	19.2	21.8	2.6	16.9
864	795	69	19.7	22.1	2.4	16.6
891	815	76	18.8	21.4	2.6	16.1
829	758	71	20.9	23.5	2.6	15.6
693	638	55	26.2	28.8	2.5	14.5
657	605	52	27.9	30.4	2.5	13.6
858	785	73	19.9	22.5	2.6	12.4
691	636	55	26.3	28.9	2.6	11.2
877	801	76	19.2	21.9	2.6	10.9
885	802	83	19.0	21.8	2.8	7.8
731	668	63	24.6	27.4	2.8	5.4
786	710	76	22.4	25.5	3.1	3.6
830	739	91	20.8	24.3	3.4	2.0
700	619	81	25.9	29.7	3.8	1.5
810	710	100	21.5	25.5	3.9	0.9
666	584	82	27.4	31.5	4.1	0.5
645	569	76	28.4	32.3	3.9	0.3

Tabela 48. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
731	693	38	24.6	26.2	1.6	30.0
710	671	39	25.5	27.2	1.7	28.1
634	599	35	29.0	30.7	1.8	27.3
723	679	44	24.9	28.9	1.9	25.2
650	607	43	28.2	30.3	2.1	24.2
645	604	41	28.4	30.5	2.0	23.7
780	693	87	22.7	28.2	3.6	21.9
708	630	78	25.6	29.2	3.6	21.5
759	676	83	23.5	27.0	3.5	21.5
700	626	74	25.9	29.4	3.4	21.0
689	610	79	26.4	30.2	3.8	20.5
765	679	86	23.2	26.9	3.6	20.1
800	705	95	21.9	25.7	3.8	19.7
827	724	103	20.9	24.9	4.0	19.0
800	705	95	21.9	25.7	3.8	18.8
799	707	92	21.9	25.6	3.7	18.8
762	671	91	23.4	27.2	3.9	18.5
836	729	107	20.6	24.7	4.1	18.1
792	696	96	22.2	26.1	3.9	17.8
680	601	79	26.8	30.6	3.8	17.4
899	790	109	18.5	22.3	3.7	17.2
877	767	110	19.2	23.2	3.9	16.9
864	760	104	19.7	23.4	3.8	16.6
891	777	114	18.8	22.8	4.0	16.1
829	724	105	20.9	24.9	4.0	15.6
693	608	85	26.2	30.3	4.0	14.5
657	577	80	27.9	31.9	4.0	13.6
858	747	111	19.9	24.0	4.1	12.4
691	607	84	26.3	30.3	4.0	11.2
877	758	119	19.2	23.5	4.3	10.9
885	759	126	19.0	23.5	4.5	7.8
731	631	100	24.6	29.1	4.5	5.4
786	666	120	22.4	27.4	5.0	3.6
830	682	148	20.8	26.7	5.9	2.0
700	564	136	25.9	32.6	6.7	1.5
810	635	175	21.5	28.9	7.4	0.9
666	521	145	27.4	35.0	7.6	0.5
645	509	136	28.4	35.8	7.3	0.3

Tabela 49. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 11 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
731	686	45	24.6	26.5	1.9	30.0
710	663	47	25.5	27.6	2.1	28.1
634	591	43	29.0	31.1	2.2	27.3
723	671	52	24.9	27.2	2.3	25.2
650	598	52	28.2	30.8	2.6	24.2
645	596	49	28.4	30.9	2.4	23.7
780	677	103	22.7	26.9	4.3	21.9
708	616	92	25.6	29.9	4.3	21.5
759	659	100	23.5	27.8	4.3	21.5
700	611	89	25.9	30.1	4.2	21.0
689	594	95	26.4	31.0	4.6	20.5
765	667	98	23.2	27.4	4.2	20.1
800	691	109	21.9	26.3	4.4	19.7
827	706	121	20.9	25.7	4.7	19.0
800	688	112	21.9	26.5	4.5	18.8
799	689	110	21.9	26.4	4.5	18.8
762	653	109	23.4	28.1	4.7	18.5
836	710	126	20.6	25.5	4.9	18.1
792	678	114	22.2	26.9	4.7	17.8
680	586	94	26.8	31.4	4.6	17.4
899	769	130	18.5	23.1	4.5	17.2
877	746	131	19.2	24.0	4.7	16.9
864	740	124	19.7	24.2	4.6	16.6
891	757	134	18.8	23.6	4.8	16.1
829	705	124	20.9	25.7	4.8	15.6
693	593	100	26.2	31.0	4.8	14.5
657	560	97	27.9	32.8	4.9	13.6
858	727	131	19.9	24.8	4.9	12.4
691	589	102	26.3	31.2	4.9	11.2
877	737	140	19.2	24.4	5.1	10.9
885	736	149	19.0	24.4	5.4	7.8
731	610	121	24.6	30.2	5.6	5.4
786	642	144	22.4	28.6	6.2	3.6
830	644	186	20.8	28.5	7.7	2.0
700	529	171	25.9	34.6	8.6	1.5
810	585	225	21.5	31.5	9.9	0.9
666	478	188	27.4	37.7	10.2	0.5
645	469	176	28.4	38.2	9.8	0.3

Tabela 50. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 30 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
358	344	14	24.9	26.1	1.2	29.2
345	332	13	26.0	27.2	1.2	27.5
315	304	11	28.8	29.9	1.1	27.1
309	297	12	29.4	30.6	1.2	26.7
351	338	13	25.5	26.6	1.1	24.9
316	304	12	28.7	29.9	1.2	24.0
371	343	28	23.8	26.2	2.4	21.4
345	321	24	26.0	28.2	2.2	20.9
374	348	26	23.5	25.7	2.2	20.8
334	313	21	27.0	29.0	2.0	20.5
338	315	23	26.6	28.8	2.2	20.4
369	344	25	24.0	26.1	2.1	19.2
385	358	27	22.7	24.9	2.2	18.8
369	340	29	24.0	26.4	2.5	18.5
399	368	31	21.6	24.0	2.4	18.2
386	359	27	22.6	24.8	2.2	18.1
385	360	25	22.7	24.7	2.0	18.0
403	371	32	21.3	23.8	2.5	17.4
399	372	27	21.6	23.7	2.1	17.3
383	353	30	22.8	25.3	2.5	17.2
434	400	34	19.2	21.6	2.4	16.6
423	389	34	19.9	22.4	2.4	16.3
430	396	34	19.5	21.9	2.4	15.6
403	370	33	21.3	23.9	2.5	15.2
339	314	25	26.5	28.9	2.4	14.6
416	382	34	20.4	22.9	2.5	12.2
424	389	35	19.9	22.4	2.5	10.6
335	309	26	26.9	29.4	2.5	8.8
427	390	37	19.7	22.3	2.6	7.1
385	351	34	22.7	25.5	2.8	3.3
401	367	34	21.5	24.1	2.6	2.0
342	313	29	26.3	29.0	2.7	1.6
393	355	38	22.1	25.1	3.0	0.9
327	290	37	27.6	31.3	3.7	0.7
315	277	38	28.8	32.7	4.0	0.3

Tabela 51. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 60 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
358	339	19	24.9	26.5	1.7	29.2
345	327	18	26.0	27.6	1.6	27.5
315	299	16	28.8	30.4	1.6	27.1
309	293	16	29.4	31.0	1.6	26.7
351	332	19	25.5	27.2	1.7	24.9
316	298	18	28.7	30.5	1.8	24.0
371	330	41	23.8	27.3	3.6	21.4
345	308	37	26.0	29.5	3.5	20.9
374	335	39	23.5	26.9	3.3	20.8
334	302	32	27.0	30.1	3.1	20.5
338	303	35	26.6	30.0	3.4	20.4
369	331	38	24.0	27.3	3.3	19.2
385	344	41	22.7	26.1	3.4	18.8
369	327	42	24.0	27.6	3.7	18.5
399	353	46	21.6	25.3	3.7	18.2
386	346	40	22.6	25.9	3.3	18.1
385	345	40	22.7	26.0	3.3	18.0
403	356	47	21.3	25.0	3.7	17.4
399	357	42	21.6	24.9	3.3	17.3
383	339	44	22.8	26.5	3.7	17.2
434	383	51	19.2	22.8	3.6	16.6
423	373	50	19.9	23.6	3.7	16.3
430	379	51	19.5	23.2	3.7	15.6
403	354	49	21.3	25.2	3.9	15.2
339	301	38	26.5	30.2	3.7	14.6
416	365	51	20.4	24.3	3.9	12.2
424	371	53	19.9	23.8	3.9	10.6
335	295	40	26.9	30.8	3.9	8.8
427	371	56	19.7	23.8	4.1	7.1
385	332	53	22.7	27.2	4.5	3.3
401	344	57	21.5	26.1	4.6	2.0
342	293	49	26.3	31.0	4.8	1.6
393	329	64	22.1	27.4	5.4	0.9
327	266	61	27.6	34.0	6.4	0.7
315	248	67	28.8	36.1	7.4	0.3

Tabela 52. Valores de resistência inicial, resistência final, variação de resistência, temperatura inicial, temperatura final, variação de temperatura e teor de água a base de peso, obtidos para a sonda 12 com Areia para o tempo de dissipação térmica de 90 segundos.

Resistência (ohms)			Temperatura (°C)			umidade (%)
Ri	Rf	ΔR	Ti	Tf	ΔT	U
358	336	22	24.9	26.8	1.9	29.2
345	324	21	26.0	27.9	1.9	27.5
315	296	19	28.8	30.7	1.9	27.1
309	290	19	29.4	31.3	2.0	26.7
351	329	22	25.5	27.4	2.0	24.9
316	295	21	28.7	30.8	2.1	24.0
371	324	47	23.8	27.9	4.1	21.4
345	303	42	26.0	30.0	4.0	20.9
374	328	46	23.5	27.5	4.0	20.8
334	295	39	27.0	30.8	3.8	20.5
338	297	41	26.6	30.6	4.0	20.4
369	324	45	24.0	27.9	4.0	19.2
385	337	48	22.7	26.7	4.0	18.8
369	321	48	24.0	28.2	4.2	18.5
399	345	54	21.6	26.0	4.4	18.2
386	338	48	22.6	26.6	4.0	18.1
385	337	48	22.7	26.7	4.0	18.0
403	348	55	21.3	25.7	4.4	17.4
399	349	50	21.6	25.6	4.0	17.3
383	331	52	22.8	27.3	4.4	17.2
434	375	59	19.2	23.5	4.3	16.6
423	364	59	19.9	24.4	4.4	16.3
430	370	60	19.5	23.9	4.4	15.6
403	345	58	21.3	26.0	4.6	15.2
339	294	45	26.5	30.9	4.4	14.6
416	356	60	20.4	25.0	4.6	12.2
424	362	62	19.9	24.5	4.7	10.6
335	289	46	26.9	31.4	4.5	8.8
427	361	66	19.7	24.6	4.9	7.1
385	320	65	22.7	28.3	5.6	3.3
401	329	72	21.5	27.4	6.0	2.0
342	281	61	26.3	32.3	6.0	1.6
393	311	82	22.1	29.2	7.1	0.9
327	250	77	27.6	35.9	8.3	0.7
315	229	86	28.8	38.5	9.8	0.3