

## **ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS NA SÉRIE HISTÓRICA DE SANTA MARIA, RS**

MICHEL ROCHA DA SILVA<sup>1</sup>, LUANA FERNANDES GABRIEL<sup>2</sup>, NEREU AUGUSTO STRECK<sup>3</sup>, ARNO BERNARDO HELDWEIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: michelrs@live.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, mestranda em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: lhuanyinha@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** A temperatura do solo é, juntamente com a umidade do solo, o primeiro elemento meteorológico que afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois o propágulo primeiro habita o ambiente do solo. Na estação meteorológica da UFSM, a temperatura do solo é medida desde 1970, diariamente as 12 UTC, 18 UTC e 24 UTC, nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30cm nas condições de solo gramado, solo desnudo e solo coberto com palha. O objetivo deste trabalho foi estimar as equações de regressão linear para preenchimento de falhas na série histórica de temperatura do solo desnudo, com cobertura morta e gramado da Estação Climatológica Principal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95 m). Foram usados dados diários de temperatura do solo desnudo, coberto com palha e gramado nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30cm, no período de 1971 a 2008. Para cada mês do ano foram determinadas equações de regressão linear simples usando-se os anos pares para estimativa dos coeficientes e os anos ímpares para o teste das equações. As falhas na série histórica de temperatura do solo da Estação Climatológica de Santa Maria podem ser preenchidas a partir da temperatura medida em uma das profundidades mais próximas.

**PALAVRAS-CHAVE:** regressão linear, RQME, profundidade.

## **ESTIMATION OF THE SOIL TEMPERATURE TO FILL GAPS IN THE HISTORIC SERIES OF SANTA MARIA, RS**

**ABSTRACT:** Soil temperature is the first meteorological variable that affects plants growth and development, because the soil is the first habitat of the plant propagule. In the weather station of UFSM, soil temperature has been measured since 1970, every day at 12 UTC, 18 UTC and 24 UTC, at 2, 5, 10, 20 and 30 cm depth, in three conditions: grassed soil, bare soil, and straw mulched soil, climatological Station of Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95 m). The objective of this paper was to estimate linear regressions to fill the gaps in the historic serie of grassed soil, bare soil, and straw mulched soil. Daily temperature of bare soil, straw mulched soil and grassed soil at 2, 5, 10, 20 and 30cm depth during the 1971 – 2008 period were used. Simple linear regression equations for each month were determined using the even years to estimate the coefficients and the odd years for testing the equations. Gaps in the storical series of soil temperature in Santa Maria can be filled using

temperature measured in one of the nearest depth.

**KEY WORDS:** linear regression, RMSE, depth.

**INTRODUÇÃO:** A temperatura do solo é, juntamente com a umidade do solo, o primeiro elemento meteorológico que afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, pois o propágulo (seja a semente ou um propágulo vegetativo) primeiro habita o ambiente do solo. Como exemplo da importância agrícola deste elemento meteorológico, no zoneamento da cultura do arroz no Rio Grande do Sul, o início do período recomendado de semeadura desta cultura no estado é baseado na temperatura do solo a 5cm de profundidade (SOSBAI, 2010). Em Estações Climatológicas, a temperatura do solo é coletada em geotermômetros que ficam instalados em diferentes profundidades do solo (2, 5, 10, 20 e 30cm). Com esses dados pode-se delimitar o período de semeadura de diferentes culturas (Maluf et al., 2000; Maluf et al., 2001). Assim, é muito importante ter-se um banco de dados confiável e atualizado. Por estarem expostos, muitas vezes os geotermômetros sofrem avarias e acabam por estragar, seja pela ação do vento ou granizo, gerando falhas no banco de dados. Estas falhas podem ser preenchidas através de modelos empíricos, os quais devem ser calibrados e testados em cada local (Alfonsi & Sentelhas, 1996). O objetivo deste trabalho foi estimar equações de regressão para preenchimento de falhas na série histórica de temperatura do solo desnudo, com cobertura morta e gramado da Estação Climatológica Principal de Santa Maria.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados 37 anos (de 1971 a 2008) de dados diários de temperatura do solo nas condições de solo gramado, solo desnudo e solo coberto com palha, que representam, respectivamente, as condições de uma cultura em crescimento ativo, que cobre completamente o solo, o solo sem cobertura (plantio convencional) e o solo com restos culturais na superfície (plantio direto), medidos com geotermômetros de mercúrio em 5 profundidades (2, 5, 10, 20 e 30cm) e em três horários (12 UTC ou 9h, 18 UTC ou 15h, e 24 UTC ou 21h) na Estação Climatológica Principal do 8º DISME, localizada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (ECPSM). Foram estimadas para cada mês do ano equações de regressão linear simples usando-se os dados dos anos pares e os anos ímpares foram usados como dados independentes para avaliar a capacidade preditiva dos modelos. Para a estimativa em cada profundidade foram utilizadas as duas profundidades mais próximas para verificar-se qual a mais adequada em cada mês. Os dados foram organizados em tabelas por horário, profundidade e mês. A avaliação da equação que melhor estimou foi feita através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), valor p e Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foram geradas 520 equações e apenas as equações de estimativa de temperatura do solo a 5cm as 15h nos três solos são apresentadas a título de ilustração (Tabela 1). Para o solo desnudo, no horário das 9h, a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo a 2cm foi 5cm em todos os meses do ano, a 5cm foi 2cm em todos os meses, a 10cm foi 5cm, exceto em janeiro, outubro, novembro e dezembro, que a melhor estimativa foi com a profundidade de 20cm, a 20cm foi 10cm, exceto em janeiro, fevereiro e dezembro, onde a melhor profundidade foi de 30cm, e a 30cm foi 20cm em todos os meses. No horário das 15h, a profundidade que melhor estimou a temperatura na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses do ano, a 5cm a melhor equação foi com

2cm em todos os meses, a 10cm a profundidade que melhor estimou foi a 5cm em todos os meses, a 20cm foi 30cm de profundidade e a melhor estimativa a 30cm de profundidade foi com 20cm em todos os meses. Já no horário das 21h a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo desnudo na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses, a 5cm foi 2cm em todos os meses, a 10cm a melhor estimativa foi encontrada com 5cm, a 20cm de profundidade a melhor estimativa encontrada foi a 10cm em todos os meses, exceto no mês de Abril, onde a estimativa nas profundidades de 10cm e 30cm foram equivalentes (a 10cm RQME= 0,581 °C, a 30cm RQME= 0,576 °C). A 30cm de profundidade a melhor estimativa foi feita com a profundidade de 20cm em todos os meses. No solo coberto com palha notou-se no horário das 9h, a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo a 2 cm foi 5 cm em todos os meses do ano, a 5 cm foi 10 cm em todos os meses, exceto no mês de agosto, onde as profundidades de 2 e 10cm tiveram igual RQME. A estimativa a 10 cm foi melhor a partir da profundidade de 5 cm, exceto no mês de dezembro, que a melhor profundidade foi 20 cm, a 20 cm foi 10 cm em todos os meses, e a 30 cm foi 20 cm em todos os meses. No horário das 15 h, a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo coberto com palha na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses do ano, a 5cm a melhor equação estimada foi com 10cm em todos os meses, a 10cm a profundidade que melhor estimou foi a 5cm, exceto no mês de dezembro, a 20cm os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro foram a 30cm de profundidade, os meses de Maio, Junho e Dezembro foram a 10cm, enquanto que no mês de Julho foi obtido igual valor de RQME. A 30cm de profundidade, a melhor estimativa foi com 20cm em todos os meses. Já as 21 h, a profundidade que melhor estimou a temperatura na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses, a 5cm foi 10cm, onde em Fevereiro, Junho e Julho houve igual RQME, a 10cm a melhor estimativa foi encontrada com 5cm, exceto em Janeiro (20cm), a 20cm de profundidade a melhor estimativa encontrada foi a 10cm, e a 30cm de profundidade a melhor estimativa foi feita com a profundidade de 20cm, exceto em Julho (10cm). Para o solo gramado no horário das 9h, a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo a 2 cm foi 5 cm, a 5 cm foi 2 cm, a 10 cm foi 20 cm, a 20 cm foi 10 cm, e a 30 cm foi 20 cm, em todos os meses. No horário das 15 h, a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo gramado na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses do ano, a 5cm nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Novembro e Dezembro a melhor equação estimada foi com 2cm, nos meses Julho, Agosto, Setembro e Outubro a melhor equação obtida foi com 10cm, e no mês de Junho o RQME foi igual. A 10cm a profundidade que melhor estimou a equação foi com 20cm de profundidade em todos os meses, a 20cm foi 10cm de profundidade exceto em Novembro e Dezembro, e em Fevereiro o RQME na estimativa com as profundidades de 10 e 30 cm foi igual. A melhor estimativa a 30cm de profundidade foi a partir de 20cm em todos os meses. No horário das 21 h a profundidade que melhor estimou a temperatura do solo gramado na profundidade de 2cm foi 5cm em todos os meses, a 5cm foi 2cm, exceto em Abril (10cm), a 10cm a melhor estimativa foi encontrada com 5cm, menos em Março e Julho, e nos meses de Maio, Junho e Setembro o RQME entre as profundidades de 5 e 20 cm foi igual. A 20cm de profundidade a melhor estimativa foi com 10cm em todos os meses, e a 30cm de profundidade a melhor estimativa foi feita com a profundidade de 20cm, exceto em Julho (10cm). A RQME das equações de melhor desempenho variaram de 0,3°C a 1,4°C no solo desnudo, de 0,0°C a 1,3°C no solo coberto com palha e de 0,4°C a 2,2°C no solo gramado. Estes valores de RQME são aceitáveis para o preenchimento de falhas na série histórica de temperatura do solo da ECPSM.

**CONCLUSÃO:** As falhas na série histórica de temperatura do solo da Estação Climatológica Principal de Santa Maria podem ser preenchidas a partir da temperatura medida em uma das profundidades mais próximas.

Tabela 1. Estimativa da temperatura do solo desnudo, coberto com palha e gramado, a 5cm de profundidade a partir da temperatura do solo a 2cm ou 10cm às 15 horas com as equações, p-valor, R<sup>2</sup> e RQME em Santa Maria, RS.

Mês	Equação	R <sup>2</sup>	RQME (C°)
<b>Solo Desnudo</b>			
Janeiro	$T_{5cm} = 0,8257(T_{2cm}) + 4,39$	0,942	0,9
Fevereiro	$T_{5cm} = 0,8139(T_{2cm}) + 4,63$	0,943	0,9
Março	$T_{5cm} = 0,8218(T_{2cm}) + 4,06$	0,952	0,8
Abril	$T_{5cm} = 0,8516(T_{2cm}) + 2,68$	0,942	0,8
Mai	$T_{5cm} = 0,8844(T_{2cm}) + 1,75$	0,954	0,6
Junho	$T_{5cm} = 0,9386(T_{2cm}) + 0,69$	0,969	0,5
Julho	$T_{5cm} = 0,9433(T_{2cm}) + 0,59$	0,983	0,5
Agosto	$T_{5cm} = 0,8984(T_{2cm}) + 1,14$	0,958	0,6
Setembro	$T_{5cm} = 0,8653(T_{2cm}) + 1,89$	0,959	0,8
Outubro	$T_{5cm} = 0,8346(T_{2cm}) + 3,18$	0,951	0,7
Novembro	$T_{5cm} = 0,8387(T_{2cm}) + 3,41$	0,934	1,0
Dezembro	$T_{5cm} = 0,8408(T_{2cm}) + 3,68$	0,943	1,2
<b>Solo Com Palha</b>			
Janeiro	$T_{5cm} = 1,152(T_{10cm}) - 3,18$	0,907	0,8
Fevereiro	$T_{5cm} = 1,153(T_{10cm}) - 3,18$	0,909	0,7
Março	$T_{5cm} = 1,102(T_{10cm}) - 1,92$	0,916	0,7
Abril	$T_{5cm} = 1,067(T_{10cm}) - 1,05$	0,932	0,6
Mai	$T_{5cm} = 1,033(T_{10cm}) - 0,40$	0,958	0,4
Junho	$T_{5cm} = 1,036(T_{10cm}) - 0,38$	0,961	0,4
Julho	$T_{5cm} = 1,072(T_{10cm}) - 0,80$	0,966	0,5
Agosto	$T_{5cm} = 1,050(T_{10cm}) - 0,43$	0,949	0,5
Setembro	$T_{5cm} = 1,084(T_{10cm}) - 0,98$	0,959	0,6
Outubro	$T_{5cm} = 1,107(T_{10cm}) - 1,59$	0,932	0,8
Novembro	$T_{5cm} = 1,105(T_{10cm}) - 1,60$	0,922	0,7
Dezembro	$T_{5cm} = 1,018(T_{10cm}) + 0,43$	0,855	1,0
<b>Solo Gramado</b>			
Janeiro	$T_{5cm} = 0,5017(T_{2cm}) + 13,21$	0,589	1,2
Fevereiro	$T_{5cm} = 0,6274(T_{2cm}) + 9,35$	0,743	0,9
Março	$T_{5cm} = 0,7539(T_{2cm}) + 5,41$	0,808	0,8
Abril	$T_{5cm} = 0,7938(T_{2cm}) + 3,80$	0,886	0,7
Mai	$T_{5cm} = 0,8521(T_{2cm}) + 2,06$	0,913	0,7
Junho	$T_{5cm} = 0,886(T_{2cm}) + 1,14$	0,920	0,7
Junho	$T_{5cm} = 1,0116(T_{10cm}) + 0,03$	0,930	0,7
Julho	$T_{5cm} = 1,0277(T_{10cm}) + 0,06$	0,904	0,8
Agosto	$T_{5cm} = 0,9957(T_{10cm}) + 0,68$	0,833	0,8
Setembro	$T_{5cm} = 1,0294(T_{10cm}) + 0,29$	0,804	1,0
Outubro	$T_{5cm} = 0,8933(T_{10cm}) + 3,28$	0,628	1,1
Novembro	$T_{5cm} = 0,6926(T_{2cm}) + 6,29$	0,840	1,5
Dezembro	$T_{5cm} = 0,708(T_{2cm}) + 6,61$	0,818	1,6

$T_{5cm}$  = temperatura a 5cm de profundidade,  $T_{2cm}$  = temperatura a 2cm de profundidade,  $T_{10cm}$  = temperatura a 10cm de profundidade, RQME = Raiz do Quadrado Médio do Erro.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

SOSBAI [Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado]. 2010. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Bento Gonçalves: SOSBAI, 188p.

MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M.R. Análise e representação espacial da temperatura de solo desnudo, visando a antecipação da semeadura de culturas de primavera-verão, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, p.239-246, 2000.

MALUF, J.R.T. et al. Análise e representação espacial da temperatura de solo gramado, visando a antecipação da semeadura de culturas de primavera-verão, em sistema de plantio direto, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.117-123, 2001.

ALFONSI, R.R.; SENTELHAS, P.S. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar em abrigo meteorológico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, p. 57-61, 1996.