



Climatologia da temperatura do solo sob diferentes coberturas em Santa Maria, Rio Grande do Sul

Michel Rocha da Silva^{1(*)}, Nereu Augusto Streck¹, Luana Fernandes Gabriel², Arno Bernardo Heldwein¹, Alencar Junior Zanon¹, Alexandre Ferigolo Alves¹, Ioran Guedes Rossato¹, Ary José Duarte Junior¹, Isabela Bulegon Pilecco¹, Rafael Silveira Milanesi¹, Francisco Tonetto¹, Guilherme Foletto Pozzobon¹ e Giovana Ghisleni Ribas¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mails: michelrs@live.com, nstreck2@yahoo.com.br, heldweinab@smail.ufsm.br, alencarzanon@hotmail.com, alexandreferigolo@gmail.com, ioranrossato@gmail.com, ary.duarte@gmail.com, isabelabpilecco@gmail.com, rafa_milanesi@hotmail.com, franciscotonetto@outlook.com, guilhermefpозzobon@gmail.com e giovana.ghisleni@hotmail.com

²Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Governo do Rio Grande do Sul - Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (EMATER/RS - ASCAR), Escritório Dilermando de Aguiar/RS. Av. Ibicuí, 1001, CEP 97180-000 Dilermando de Aguiar, RS. E-mail: luana2fernandes@gmail.com

^(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 18 de maio de 2018

Aceito em 20 de dezembro de 2018

Termos para indexação:

climatologia

cobertura do solo

estatísticas descritivas

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o regime térmico do solo sob três coberturas: gramado, desnudo e coberto com palha, em Santa Maria, RS. Foram utilizados os dados diários de temperatura do solo, coletados no período de 1970 a 2011, com geotermômetros de vidro e elemento sensível mercúrio às 9h, 15h e 21h, nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30 cm, na Estação Climatológica Principal do 8º DISME/INMET/MAPA em Santa Maria, RS. As estatísticas descritivas foram calculadas em nível mensal, sazonal, semestral e anual. No solo desnudo a média mensal variou de 11,5 °C a 33,9 °C, e a média anual para o perfil do solo foi de 20,8 °C. No solo coberto com palha a média mensal variou de 13,1 °C a 29,6 °C e a média anual do perfil foi de 20,7 °C. No solo gramado a média mensal variou de 13,0 °C a 30,8 °C e a média anual do perfil foi de 21,2 °C.

© 2018 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A temperatura do solo é um dos principais fatores que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois regula a velocidade dos processos químicos, físicos e bio-

lógicos, podendo inclusive inibi-los. Temperaturas de solo menores que 10°C e maiores que 40°C prejudicam a germinação de sementes e a brotação de propágulos vegetativos (Streck et al., 1994), tanto que, para o arroz irrigado, o início do período de semeadura é definido de acordo com a tem-

peratura do solo medida a 5 cm de profundidade (SOSBAI, 2016). O manejo da cobertura no preparo do solo é uma prática utilizada para alterar sua temperatura e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. Entretanto, práticas para o preparo do solo e o manejo da cobertura do solo são ferramentas utilizadas para alterar a temperatura do solo e, por conseqüência, o desenvolvimento das plantas.

No Brasil, a substituição do sistema de semeadura convencional pela semeadura direta contribuiu de forma significativa no desenvolvimento das culturas agrícolas, inclusive sob o aspecto da temperatura do solo. Muitos autores verificaram que houve redução da amplitude da onda diária de temperatura do solo coberto, em comparação com o solo desnudo, devido à diminuição da temperatura máxima diária do solo (Streck et al., 1994; Dantas et al., 2017). Furlani et al. (2008) observaram que há influencia do sistema de semeadura sobre a temperatura do solo durante trinta dias após a emergência das plantas. Como a agricultura é um setor vulnerável e dependente do clima, há o interesse em monitorar a temperatura do solo.

A temperatura do solo é monitorada no Brasil pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que realiza coletas diárias desse elemento, em estações meteorológicas distribuídas ao longo do território nacional. A coleta dos dados de temperatura do solo ocorre em três condições: 1) solo desnudo, que representa as condições de manejo do sistema de plantio convencional; 2) solo coberto com palha, que representa as condições do sistema de semeadura direta, e 3) solo gramado, que representa as condições de uma cultura agrícola em crescimento ativo (Carvalho et al., 2011; Oliveira Neto et al., 2011).

Na Estação Climatológica Principal de Santa Maria - RS (ECPSM), a temperatura do solo é medida desde 1970. Após completar no mínimo 30 anos de dados (WMO), pode-se elaborar a climatologia da temperatura do solo, nas três condições de cobertura, para Santa Maria. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o regime térmico do solo sob três coberturas: gramado, desnudo e coberto com palha, em Santa Maria, RS.

Material e Métodos

Foram utilizados os dados diários de temperatura do solo, medidos na Estação Meteorológica Principal de Santa Maria (ECPSM), pertencente ao 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (latitude: 29°42'S; longitude: 53°43'W; altitude: 95m). O solo é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico argilúvico típico) (STRECK et al., 2008). Os dados de temperatura do solo foram medidos por meio de geotermômetros de vidro e elemento sensível mercúrio. Os geotermômetros foram fixados por uma has-

te de metal para evitar o deslocamento pela ação do vento, em um ângulo de 45° com a superfície do solo, para facilitar a leitura das temperaturas pelo observador.

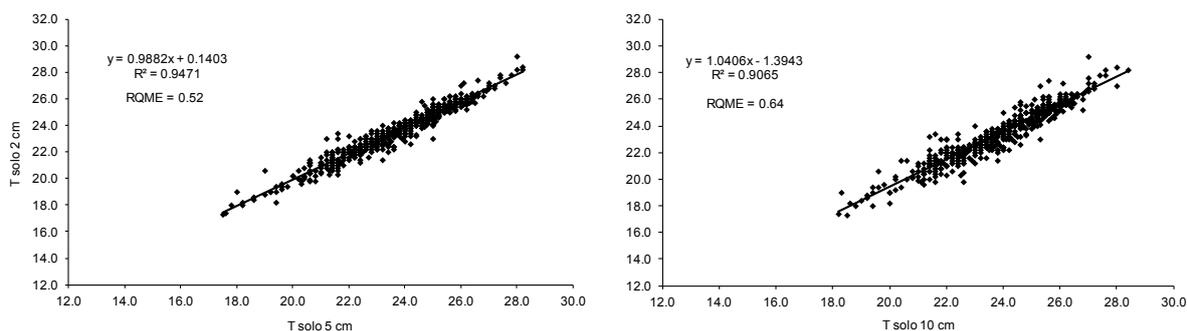
Diariamente às 9h (12 UTC), 15h (18 UTC) e 21h (24 UTC), a temperatura do solo foi medida sob três coberturas de solo: solo gramado, solo desnudo e solo coberto com palha, cada um em uma área de 2,0 x 1,1m, nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30 cm, durante o período de 1970 a 2011. A quantidade de palha utilizada para cobertura foi de 2 a 3 t/ha, proveniente da área da ECPSM. Devido à decomposição da palha, houve reposição desta a cada 2 a 4 meses, de acordo com a época do ano. O solo desnudo foi mantido sem cobertura vegetal devido ao controle regular das plantas daninhas através de capina e monda. A cobertura vegetal do solo gramado foi cortada regularmente, mantendo a grama entre 5 e 10 cm de altura.

Os dados de temperatura do solo foram digitados e foi realizada uma análise de qualidade da série. Os dados duvidosos (valores que não seguiram a onda de variação diária da temperatura do solo) e as falhas foram preenchidos para cada mês do ano, através de equações de regressão linear simples, utilizando os dados de temperatura do solo observados nos anos pares (Figura 1). Para isso os dados duvidosos foram retirados da série antes da aplicação da equação de regressão. Os anos ímpares foram usados como dados independentes para avaliar a capacidade preditiva dos modelos. Para a estimativa da temperatura em cada profundidade do solo foram utilizados os valores das duas profundidades mais próximas ao dado faltante. Os dados foram organizados em tabelas por horário (9h, 15h e 21h), profundidade (2, 5, 10, 20 e 30cm), cobertura do solo (desnudo, coberto com palha e gramado) e mês. A seleção das melhores equações de regressão para o preenchimento de falhas e dados duvidosos foi realizada com base em três estatísticas, avaliadas a partir dos dados independentes (anos ímpares): o coeficiente de determinação (R^2), o valor da probabilidade do coeficiente de regressão pelo teste t de Student e a Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME). Assumiu-se o valor máximo de 2,0°C de RQME para selecionar a equação de regressão para o preenchimento de falhas.

Para alguns dados faltantes não houve dado observado de temperatura nas profundidades mais próximas, para o preenchimento das falhas. Nesses casos, as falhas não foram preenchidas, sendo descartadas da análise climatológica. Nos solos coberto com palha e desnudo houve 2,5% e 2,3% de falhas sobre o total de 14975 dias observados, respectivamente. No solo gramado houve 5,1% de falhas sobre o total de 15340 dias observados.

A consistência da série histórica foi determinada pelo método das duplas massas simplificado (Streck et al., 2011). Para a realização do teste foi calculado o somatório da média de cada mês durante o período de 1970 a 2011, e comparado com a reta da equação linear estimada. A soma

Figura 1. Equações de regressão linear utilizadas para a estimativa do preenchimento de falhas de temperatura do solo a 2 cm de profundidade a partir de temperaturas obtidas a 5 e 10 cm de profundidade em solo coberto com palha. Valores obtidos de anos pares da série histórica de temperatura do solo (1970-2011), Santa Maria, RS.



das médias mensais se ajustou a reta ascendente, com valores de R^2 muito próximos a um, significando que a série apresenta alta homogeneidade.

Na análise da climatologia da temperatura do solo foram calculadas as estatísticas descritivas: média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo, em nível mensal, sazonal, semestral e anual, em cada horário, profundidade e tipo de cobertura de solo. A média diária do perfil do solo foi calculada pela média aritmética da temperatura do solo as 9 e às 21 horas na profundidade de 20 cm, que representa a profundidade média de raízes no solo. Também foram acompanhadas as ondas diárias horárias de temperatura do solo nos perfis das diferentes coberturas de solo e solo desnudo, nos dias 23 de julho de 2010, representando o período de inverno, e nos dias 06 de janeiro de 2011, representando o período de verão.

Resultados e Discussão

O coeficiente de determinação (R^2) das equações de regressão para preenchimento das falhas foi elevado (acima de 0,8) para cada profundidade, horário e cobertura de solo. O coeficiente angular de regressão foi significativo a 5% pelo teste t para as equações de temperatura do solo, utilizadas como variável independente. O melhor preenchimento de falhas para a profundidade de 2 cm foi atingido com as equações obtidas a partir dos dados de temperatura do solo a 5 cm de profundidade, para o solo desnudo, com palha e gramado, nos horários de observação das 9, 15 e 21 h, durante os doze meses do ano.

De acordo com a equação que apresentou a menor RQME, portanto, a que melhor estimou os valores de temperatura do solo, foi realizado o preenchimento das falhas. O preenchimento de falhas para a profundidade de 5 cm do solo coberto com palha foi realizado com as temperaturas de solo na profundidade de 10 cm, exceto para os meses de abril e agosto as 9 h, e para os meses de fevereiro, junho, julho e novembro as 21 h, quando a melhor equação foi es-

timada com a temperatura de solo a 2 cm de profundidade. O preenchimento das falhas para a profundidade de 5 cm nos solos desnudo e gramado foi realizado com os dados de temperatura obtidos a 2 cm, exceto para os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro as 15 h, e fevereiro e abril as 21 h do solo gramado, quando a melhor estimativa foi obtida com os dados de temperatura do solo a 10 cm de profundidade.

O preenchimento de falhas de temperatura do solo para a profundidade de 10 cm foi realizado com dados de temperatura do solo a 5 cm, exceto para os meses de janeiro, novembro e dezembro as 9 h no solo desnudo, e em janeiro as 21 h nos solos coberto com palha e desnudo, quando foram utilizados dados de temperaturas do solo a 20 cm de profundidade. Para o preenchimento de falhas no solo gramado a 10 cm de profundidade, a melhor estimativa foi obtida a partir da temperatura de solo da profundidade de 20 cm, exceto no mês de março as 21 h. Nos meses de maio, junho, julho, setembro e novembro as equações geradas com os dados de temperatura do solo a 10 e a 30 cm de profundidade apresentaram valores iguais de R^2 e RQME.

O preenchimento de falhas de temperatura do solo para a profundidade de 20 cm foi realizado com os dados de temperatura do solo a 10 cm de profundidade para o horário das 9 e 21 h, nos solos desnudo, com palha e gramado. Já para preencher as falhas do horário das 15 h, a melhor estimativa foi obtida dos dados de temperatura do solo a 30 cm de profundidade para os solos desnudo, com palha e gramado.

As falhas presentes na profundidade de 30 cm foram estimadas a partir de 20 e 10 cm, sendo que as equações obtidas a 20 cm foram utilizadas para as três coberturas de solo e para os três horários de observação. As equações utilizadas para estimar as falhas de temperatura do solo desnudo, coberto com palha e gramado às 15 h estão apresentadas na Tabela 1.

As estatísticas descritivas da temperatura do solo desnudo e coberto com palha, a 5 cm de profundidade, cal-

Tabela 1. Equações utilizadas para o preenchimento de falhas a 2, 5, 10, 20 e 30 cm de profundidade de solo, as 15 horas, em Santa Maria, RS.

Profundidade					Profundidade				
	Mês	Solo desnudo	Solo com palha	Solo gramado		Mês	Solo desnudo	Solo com palha	Solo gramado
2 cm	Janeiro	1,141x - 3,032**	1,087x - 1,148**	1,162x - 2,607**	20 cm	Janeiro	1,261x - 6,130*****	0,696x + 7,526***	0,693x + 7,799***
	Fevereiro	1,159x - 3,526**	1,168x - 3,468**	1,184x - 3,452**		Fevereiro	1,224x - 5,259*****	1,055x - 1,422*****	1,218x - 5,511*****
	Março	1,158x - 3,254**	1,153x - 3,001**	1,072x - 0,497**		Março	1,141x - 3,198*****	1,105x - 2,778*****	0,768x + 5,680***
	Abril	1,106x - 1,512**	1,085x - 1,014**	1,117x - 1,570**		Abril	1,119x - 2,613*****	1,045x - 1,298*****	0,828x + 3,834***
	Mai	1,079x - 0,939**	1,038x - 0,091**	1,071x - 0,515**		Mai	1,107x - 2,219*****	1,092x - 2,153*****	0,873x + 2,533***
	Junho	1,033x - 0,181**	1,015x + 0,271**	1,038x + 0,133**		Junho	1,125x - 2,161*****	1,058x - 1,377*****	0,883x + 2,035***
	Julho	1,042x - 0,325**	1,102x - 0,991**	1,041x + 0,220**		Julho	1,164x - 2,587*****	0,874x + 1,688***	0,879x + 1,937***
	Agosto	1,067x - 0,423**	1,075x - 0,522**	1,068x + 0,012**		Agosto	1,134x - 1,987*****	1,095x - 1,692*****	0,847x + 2,378***
	Setembro	1,108x - 1,206**	1,153x - 1,902**	1,104x - 0,623**		Setembro	1,118x - 1,732*****	1,089x - 1,569*****	0,822x + 2,900***
	Outubro	1,140x - 2,360**	1,118x - 1,512**	1,243x - 3,724**		Outubro	1,102x - 1,486*****	1,033x - 0,568*****	0,781x + 4,094***
	Novembro	1,113x - 1,836**	1,103x - 1,312**	1,213x - 3,429**		Novembro	1,175x - 3,279*****	0,984x + 0,418*****	0,749x + 5,235***
	Dezembro	1,121x - 2,223**	1,052x - 0,210**	1,156x - 2,300**		Dezembro	1,167x - 3,360*****	0,821x + 3,914***	0,729x + 6,290***
5 cm	Janeiro	0,826x + 4,391*	1,152x - 3,183***	0,614x + 9,823*	30 cm	Janeiro	0,678x + 8,083****	0,705x + 7,660****	0,618x + 9,714****
	Fevereiro	0,814x + 4,635*	1,153x - 3,181***	0,627x + 9,348*		Fevereiro	0,712x + 7,124****	0,793x + 5,374****	0,663x + 8,726****
	Março	0,822x + 4,064*	1,102x - 1,921***	0,754x + 5,407*		Março	0,787x + 5,080****	0,830x + 4,349****	0,641x + 9,226****
	Abril	0,852x + 2,684*	1,067x - 1,048***	0,794x + 3,800*		Abril	0,818x + 3,982****	0,902x + 2,414****	0,703x + 7,194****
	Mai	0,884x + 1,746*	1,033x - 0,399***	1,065x - 0,914***		Mai	0,858x + 2,827****	0,873x + 2,743****	0,744x + 5,755****
	Junho	0,939x + 0,691*	1,036x - 0,385***	1,012x + 0,031***		Junho	0,835x + 2,719****	0,892x + 2,092****	0,682x + 6,060****
	Julho	0,943x + 0,592*	1,072x - 0,803***	0,883x + 1,022*		Julho	0,803x + 3,034****	0,849x + 2,505****	0,663x + 5,927****
	Agosto	0,898x + 1,137*	1,050x - 0,431***	0,793x + 2,480*		Agosto	0,804x + 2,964****	0,843x + 2,609****	0,649x + 6,025****
	Setembro	0,865x + 1,892*	1,084x - 0,976***	0,773x + 3,141*		Setembro	0,811x + 2,996****	0,862x + 2,379****	0,686x + 5,624****
	Outubro	0,835x + 3,181*	1,107x - 1,586***	0,671x + 6,131*		Outubro	0,766x + 4,314****	0,882x + 2,252****	0,684x + 6,176****
	Novembro	0,839x + 3,408*	1,105x - 1,604***	0,693x + 6,290*		Novembro	0,759x + 4,961****	0,927x + 1,564****	0,713x + 6,089****
	Dezembro	0,841x + 3,678*	1,018x + 0,435***	0,708x + 6,611*		Dezembro	0,758x + 5,506****	0,810x + 4,555****	0,720x + 6,443****
10 cm	Janeiro	0,672x + 8,193**	0,787x + 5,059**	1,097x - 1,991****	* temperatura estimada a partir da temperatura observada (x) a 2 cm de profundidade, ** 5 cm de profundidade, *** 10 cm de profundidade, **** 20 cm de profundidade e ***** 30 cm de profundidade.				
	Fevereiro	0,696x + 7,276**	0,788x + 4,968**	1,138x - 3,225****					
	Março	0,754x + 5,312**	0,831x + 3,724**	1,111x - 2,546****					
	Abril	0,801x + 3,535**	0,873x + 2,405**	1,092x - 2,073****					
	Mai	0,856x + 1,831**	0,927x + 1,138**	1,095x - 1,958****					
	Junho	0,870x + 1,223**	0,927x + 0,949**	1,086x - 1,572****					
	Julho	0,827x + 1,916**	0,901x + 1,218**	1,083x - 1,394****					
	Agosto	0,814x + 2,168**	0,903x + 1,195**	1,084x - 1,279****					
	Setembro	0,777x + 3,040**	0,884x + 1,578**	1,088x - 1,314****					
	Outubro	0,689x + 5,727**	0,842x + 2,750**	1,080x - 1,166****					
	Novembro	0,721x + 5,483**	0,834x + 3,143**	1,184x - 3,545****					
	Dezembro	0,715x + 6,438**	1,075x - 1,193****	1,207x - 4,454****					

culadas em escala anual, semestral (primeiro e segundo semestre), sazonal (verão, inverno, primavera e outono), e mensal estão na Tabela 2.

A maior amplitude térmica foi observada no solo desnudo para os doze meses do ano. A ausência de cobertura no solo permite que haja incidência de radiação solar diretamente sobre o solo durante o dia, elevando a temperatura, e permite a maior perda de energia térmica durante o período noturno, uma vez que não há impedimento físico (cobertura do solo) para a transmissão de calor para a atmosfera. Em solos com cobertura vegetal presente, parte da radiação é refletida e apenas uma parcela da radiação é transmitida para o solo, diminuindo a amplitude térmica.

Furlani et al. (2008) observaram que o sistema de cobertura do solo sob plantio direto é capaz de manter por maior tempo o teor de água, pois o aumento da umidade está relacionado à diminuição da temperatura, que reduz as taxas de evaporação, e ao aumento de adsorção de água devido ao maior conteúdo de matéria orgânica.

Em grande parte das culturas agrícolas de grãos, a temperatura do solo a 5 cm é utilizada como referência para recomendação técnica de data de semeadura. O manejo da palha sobre o solo pode ser um recurso utilizado para adiantar ou retardar a data de semeadura dos cultivos agrícolas, visando propiciar um melhor ambiente térmico para as plantas. Com a incorporação da palha remanescente dos cultivos anteriores acelera-se o processo de decomposição dos resíduos, permitindo maior absorção da radiação solar pelo solo, aumento da temperatura média e maior velocidade na germinação de sementes. Os dados de temperatura máxima no mês de agosto são maiores no solo desnudo do que no coberto com palha, concordando com Maluf et al. (2000) que encontraram temperaturas do solo que permitem antecipar o período de semeadura de milho para o

Tabela 2. Estatísticas descritivas (média, mínima, máxima, desvio padrão e coeficiente de variação) da temperatura do solo (°C) na profundidade de 5 cm dos solos desnudo e coberto com palha para os doze meses do ano, anual, semestral e sazonal nos três horários de coleta em Santa Maria, RS, no período 1971-2011.

Mês/ano/estação	Solo desnudo					Solo coberto com palha				
	Méd	Mín	Máx	DP	CV (%)	Méd	Mín	Máx	DP	CV (%)
Jan 9 h	25,3	18	34,8	2,2	8,9	25,4	20,4	29,8	1,6	6,5
Jan 15 h	32,4	21,2	50,2	4,1	12,7	28,4	21	37,8	2,3	8,2
Jan 21 h	28,6	19,4	35,6	2,9	10,1	27,5	20,2	34,6	1,9	6,9
Fev 9h	24,3	16,8	33,2	2,2	9,1	24,9	19,8	30,4	1,7	6,8
Fev 15h	31,2	19,4	45,3	3,7	11,9	28	21,2	38	2,3	8,1
Fev 21h	27,6	18,4	36,6	2,8	10,2	27	21	34,6	1,9	7
Mar 9 h	22,4	13,8	29	2,4	10,9	23,7	17,2	28,2	1,9	8,1
Mar 15h	29,1	19	38,6	3,4	11,7	26,2	19,7	34	2,1	8
Mar 21h	25,6	17,6	33,8	2,8	10,7	25,5	18,8	31,6	1,9	7,5
Abr 9h	18,5	9,6	26	2,9	15,8	20,2	13,4	25,8	2,2	11
Abr 15h	24,3	15,4	32,8	3,2	13,1	22,4	15,6	30,2	2,2	9,6
Abr 21 h	21,3	11,2	30,8	2,9	13,4	21,8	14	29,4	2,1	9,6
Mai 9h	14,8	3,8	22,8	3,4	23,1	16,9	8,2	22,3	2,4	14,2
Mai 15h	20,1	9,7	30,6	3	15,1	18,6	11,2	25	2,2	11,8
Mai 21h	17,3	7,7	26,6	3	17,5	18,1	11,2	24	2,2	12,2
Jun 9h	12,4	2,6	21,4	4	32,1	14,3	7,6	20,8	2,6	18,3
Jun 15h	17,3	8,8	26	3,1	17,8	15,8	10	23,8	2,4	15,4
Jun 21h	14,7	6,8	22,6	3,2	21,8	15,4	9,8	22	2,4	15,6
Jul 9h	11,8	2,4	21,2	4	33,5	13,4	5,4	20,4	2,7	20,4
Jul 15h	16,7	8	25,4	3,4	20,3	15,1	9	22,6	2,5	16,8
Jul 21h	14,1	6,8	23	3,3	23,4	14,7	8	21	2,5	17,1
Ago 9h	13	3,1	23,2	3,5	27,2	14,2	5,2	20,4	2,5	17,9
Ago 15h	18,2	9,8	29,8	3,4	18,7	16,2	9,6	23,2	2,3	14,5
Ago 21h	15,6	7,2	24,6	3,2	20,3	15,8	9,2	22,6	2,3	14,9
Set 9h	14,8	5,6	23,6	3,2	21,5	15,8	7,2	22,4	2,4	14,8
Set 15h	20,6	9,2	31,2	3,5	17	18,2	11	25,6	2,3	12,8
Set 21h	17,6	8,6	27,6	3,1	17,4	17,6	10,6	25	2,3	12,8
Out 9h	18,5	9	28,2	2,7	14,5	18,9	11,3	26	2,1	11
Out 15h	25	14,6	39	4	15,9	21,6	15,4	32,2	2,4	11,2
Out 21h	21,2	12,8	30,4	2,9	13,8	20,8	15,2	30	2,2	10,4
Nov 9h	21,6	14,4	30,8	2,7	12,4	21,6	16	28	2	9,2
Nov 15 h	28,7	16,6	42,2	4,5	15,5	24,5	17,4	34,2	2,4	10
Nov 21h	24,4	15,2	33,6	3,3	13,4	23,5	17,2	30,8	2,3	9,6
Dez 9h	24,4	16,8	32,8	2,5	10,2	24,2	18,6	31,6	1,8	7,5
Dez 15h	32	20,4	45,8	4,3	13,5	27,2	19,6	38,2	2,5	9,2
Dez 21h	27,5	18,5	38	3,3	11,8	26,3	18,5	35,4	2,1	8,1
Anual 9h	18,5	2,4	34,8	5,7	30,9	19,4	5,2	31,6	4,8	24,8
Anual 15h	24,6	8	50,2	6,8	27,5	21,8	9	38,2	5,3	24,4
Anual 21h	21,3	6,8	38	6	28,1	21,1	8	35,4	5,1	24
1° sem 9h	19,6	2,6	34,8	5,6	28,7	20,9	7,6	30,4	4,7	22,4
1° sem 15h	25,8	8,8	50,2	6,6	25,7	23,2	10	38	5,3	22,6
1° sem 21h	22,5	6,8	36,6	6	26,5	22,5	9,8	34,6	5	22,3
2° sem 9h	17,3	2,4	32,8	5,6	32	18	5,2	31,6	4,5	25,2
2° sem 15h	23,5	8	45,8	6,8	28,8	20,4	9	38,2	5	24,6
2° sem 21h	20	6,8	38	5,7	28,6	19,8	8	35,4	4,8	24,1
Ver 9h	24,7	16,8	34,8	2,4	9,6	24,8	18,6	31,6	1,8	7,2
Ver 15h	31,9	19,4	50,2	4,1	12,9	27,8	19,6	38,2	2,4	8,7
Ver 21h	27,9	18,4	38	3	10,9	26,9	18,5	35,4	2	7,5
Out 9h	18,6	3,8	29	4,3	23,1	20,3	8,2	28,2	3,6	17,6
Out 15h	24,5	9,7	38,6	4,9	19,9	22,4	11,2	34	3,8	17
Out 21h	21,4	7,7	33,8	4,5	20,9	21,8	11,2	31,6	3,7	16,9
Inv 9h	12,4	2,4	23,2	3,8	31,1	14	5,2	20,8	2,7	19,1
Inv 15h	17,4	8	29,8	3,4	19,3	15,7	9	23,8	2,5	15,8
Inv 21h	14,8	6,8	24,6	3,3	22,1	15,3	8	22,6	2,5	16,1
Pri 9h	18,3	5,6	30,8	4	21,8	18,8	7,2	28	3,2	16,9
Pri 15h	24,8	9,2	42,2	5,2	20,9	21,4	11	34,2	3,5	16,4
Pri 21h	21	8,6	33,6	4,1	19,6	20,6	10,6	30,8	3,3	15,9

terceiro decêndio do mês de julho para as regiões do Vale do Rio Uruguai, Missões e Depressão Central, sob sistema de semeadura convencional. Sob plantio direto, Maluf et al. (2000) observaram condições favoráveis a semeadura de culturas de primavera-verão a partir do segundo decêndio do mês de agosto, nas regiões do Médio Vale do Rio Uruguai, partes do Alto e do Baixo Vale do Rio Uruguai e na região noroeste das Missões (Tabela 3).

No solo desnudo a amplitude térmica é maior tanto no verão quanto no inverno. Segundo Streck et al. (1994), isto é devido ao fato de que o solo sem barreira física na superfície recebe e perde mais energia do que os outros dois solos que possuem cobertura (solo coberto com palha e solo gramado). Segundo Ribas et al. (2015), um método possível para regular o recebimento ou a perda de energia do solo é colocar uma camada de um material isolante (palha, por exemplo), sobre ou perto da superfície do solo. Isto é importante para a produtividade das culturas em geral, pois além de evitar a erosão e a lixiviação da camada mais rica do solo, a palha e a cobertura ativa, também mantém a temperatura próxima à superfície mais amena e com menos variação (Figura 2).

Nota-se também que conforme aumenta a profundidade do solo, a amplitude térmica diminui nas três coberturas, o que é explicado pela transferência de calor no solo que se dá predominantemente por condução, um processo lento (Streck et al., 1994; De Oliveira Cademartori et al., 2010). Como o solo tem uma fração porosa, que parte está preenchida por água e parte por ar (mal condutor), a energia térmica se transfere no solo de maneira lenta, reduzin-

do o aquecimento e o resfriamento à medida que aumenta a profundidade.

Conclusões

As falhas de temperatura do solo em cada horário de observação podem ser estimadas a partir da temperatura medida em uma das profundidades próximas, com baixo valor de RQME e elevado coeficiente de determinação.

A climatologia da temperatura do solo em Santa Maria apresenta variabilidade entre tipos de cobertura e entre meses. No solo desnudo a média mensal varia de 11,5 °C a 33,9 °C, e a média anual para o perfil do solo é de 20,8 °C. No solo coberto com palha a média mensal varia de 13,1 °C a 29,6 °C e a média anual do perfil é de 20,7 °C. No solo gramado a média mensal varia de 13,0 °C a 30,8 °C e a média anual do perfil é de 21,2 °C.

O solo desnudo possui maior amplitude térmica do que o solos coberto com palha e o solo gramado, sendo maior essa diferença quanto menor a profundidade no perfil do solo.

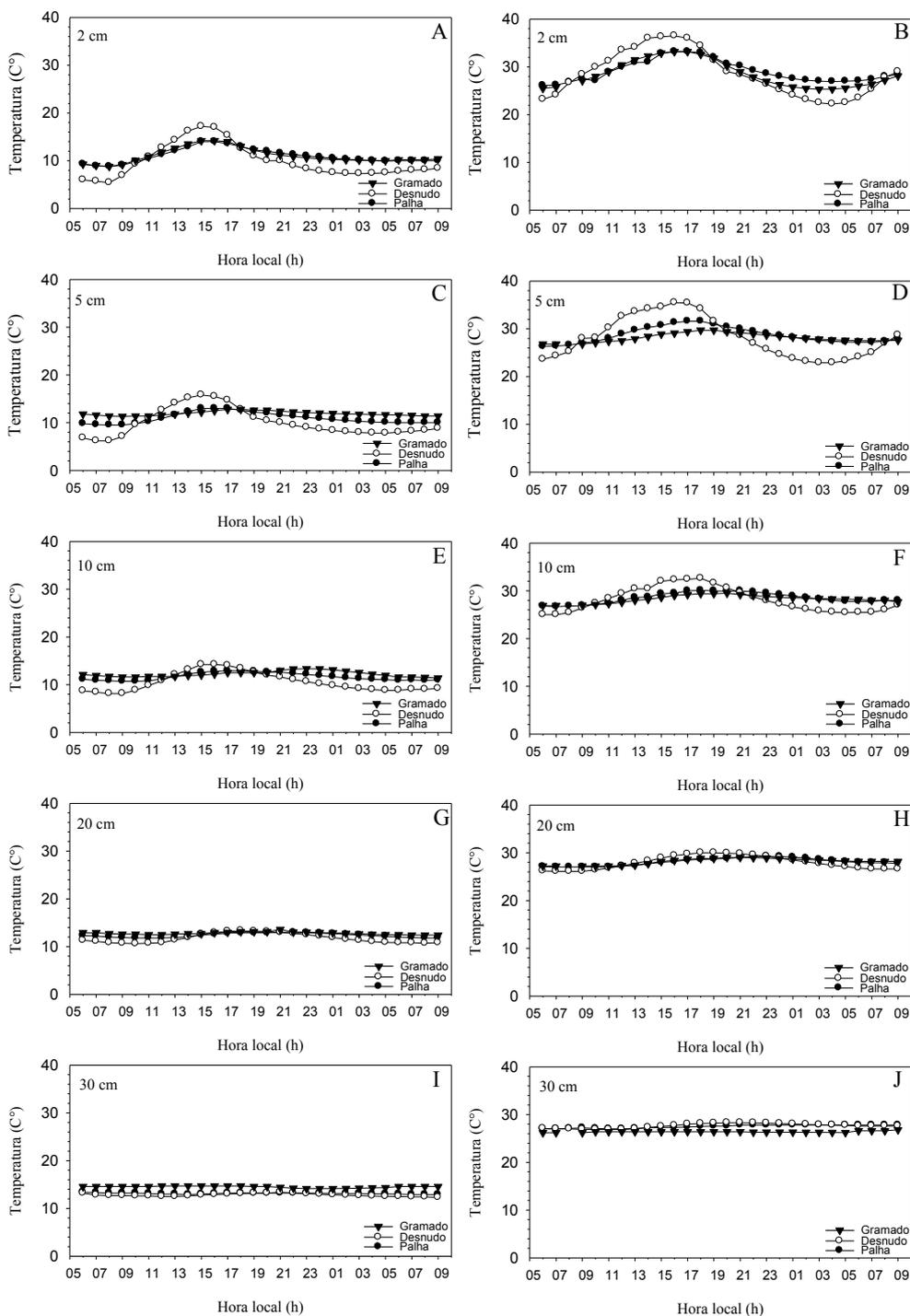
Referências Bibliográficas

- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; ROUWS, J.R.C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 31, n.2, p. 269-277, 2011.
- DANTAS, D.; BARBOSA, G. P.; CUNHA, E. G. S.; DE SOUZA, M. J. H.; & de SOUZA, C. M. P. Temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades, em Diamantina-MG/Air temperature and soil in different depths in Diamantina-MG. *Caderno de Ciências Agrárias*, v.9, p. 61-66, 2017.

Tabela 3. Estatísticas descritivas (média, mínima, máxima, desvio padrão e coeficiente de variação) da temperatura do solo (°C) a 2cm e a 20cm de profundidade no solo desnudo, com palha e gramado, anual, nos três horários de coleta e média diária de temperatura (°C) do perfil de solo em Santa Maria, RS, no período 1970 – 2011.

Cobertura do Solo	2 cm					20 cm				
	Méd	Mín	Máx	DP	CV (%)	Méd	Mín	Máx	DP	CV (%)
DESNUDO										
Anual 9h	18,3	1,2	38,4	5,9	32	19,7	5,4	32,4	5	25,2
Anual 15h	25,7	8,2	55	7,4	28,7	21,2	8	35,6	5,3	24,9
Anual 21h	21	5,8	37,8	6,1	29	21,9	8,9	35,2	5,4	24,7
Anual Med perfil	-	-	-	-	-	20,8	7,7	33,5	5,1	24,6
COM PALHA										
Anual 9h	19,3	4,8	32	5	26	20,3	7,4	31,2	4,5	22,3
Anual 15h	22,8	8,8	43,8	5,7	25,2	20,8	9,8	32	4,7	22,4
Anual 21h	20,9	8	35,2	5,2	24,6	21,2	9,8	33,4	4,7	22,2
Anual Med perfil	-	-	-	-	-	20,7	9,3	31,7	4,6	22,1
GRAMADO										
Anual 9h	19,4	3	34	5,1	26,5	20,9	8	30	4,6	21,9
Anual 15h	23,5	9,4	47,8	6	25,3	21,1	9,4	33,2	4,6	21,9
Anual 21h	21,1	7	34,8	5,2	24,8	21,5	9,5	31,6	4,7	21,8
Anual Med perfil	-	-	-	-	-	21,2	9	30,5	4,6	21,8

Figura 2. Onda diária de temperatura do solo gramado, desnudo e com palha no dia 23/07/2010 (A, C, E, G,I) e no dia 06/01/2011 (B, D, F, H, J) em cinco profundidades (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm e 30 cm). Santa Maria, RS.



DE OLIVEIRA CADEMARTORI, R. T.; BURIOL, G. A.; & RIGHEIS, A. A. Influência de diferentes coberturas na temperatura do solo. *Disciplinarum Scientia*, v.11, p. 149-157, 2010.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 375-380, 2008.

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

OLIVEIRA NETO, D.H.; CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M.; CEDDIA, M.B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 29, p. 330-334, 2011.

RIBAS, G. G.; STRECK, N. A.; SILVA, S. D.; ROCHA, T. S. M.; LANGNER, J.A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 35, p. 817-828, 2015.

SOSBAI - Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**, Gramado: SOSBAI, 2016, 189p.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008, 126 p.

STRECK, N. A., FERNANDES GABRIEL, L., HELDWEIN, A. B., BURIOL, G. A., e DE PAULA, G. M. Temperatura mínima de relva em Santa Maria, RS: climatologia, variabilidade interanual e tendência histórica. **Bragantia**, v.3, p. 1-11, 2011.

STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Modificações físicas causadas pelo mulching. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p. 131-142, 1994.

REFERENCIAÇÃO

SILVA, M. R.; STRECK, N. A.; GABRIEL, L. F.; HELDWEIN, A. B.; ZANON, A. J.; ALVES, A. F.; ROSSATO, I. G.; DUARTE JUNIOR, A. J.; PILECCO, I. B.; MILANESI, R. S.; TONETTO, F.; POZZOBON, G. F.; RIBAS, G. G. Climatologia da temperatura do solo sob diferentes coberturas em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.1, p.151-159, 2018.



Climatology of soil temperature under different coverages in Santa Maria, Rio Grande do Sul state, Brazil

Michel Rocha da Silva^{1(*)}, Nereu Augusto Streck¹, Luana Fernandes Gabriel², Arno Bernardo Heldwein¹, Alencar Junior Zanon¹, Alexandre Ferigolo Alves¹, Ioran Guedes Rossato¹, Ary José Duarte Junior¹, Isabela Bulegon Pilecco¹, Rafael Silveira Milanese¹, Francisco Tonetto¹, Guilherme Foletto Pozzobon¹ and Giovana Ghisleni Ribas¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mails: michelrs@live.com, nstreck2@yahoo.com.br, heldweinab@smail.ufsm.br, alencarzanon@hotmail.com, alexandreferigolo@gmail.com, ioranrossato@gmail.com, ary.duarte@gmail.com, isabelabpilecco@gmail.com, rafa_milanesi@hotmail.com, franciscotonetto@outlook.com, guilhermefpozzobon@gmail.com_and giovana.ghisleni@hotmail.com

²Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Governo do Rio Grande do Sul - Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (EMATER/RS - ASCAR), Escritório Dilermando de Aguiar/RS. Av. Ibicuí, 1001, CEP 97180-000 Dilermando de Aguiar, RS. E-mail: luana2fernandes@gmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 May 2018

Accepted 20 December 2018

Index terms:

climatology

soil cover

descriptive statistics

ABSTRACT

Abstract: The objective of this study was to calculate the descriptive statistics for the series of soil temperature in grassed soil, bare soil and soil covered with straw in Santa Maria, RS. Daily data collected from 1970 to 2011, with mercury-in-glass geothermometers at 9h (12 UTC), 15h (18 UTC) and 21h (24 UTC), at 2, 5, 10, 20 and 30 cm depth in the Climatological Station of Santa Maria, RS, Brazil were used. Descriptive statistics were calculated on a monthly, seasonal, semester and annual scale. Monthly average of the bare soil temperature ranged from 11.5 °C to 33.9 °C, and the annual average for the soil profile was 20.8 °C. In the soil covered with straw, monthly average temperature ranged from 13.1 °C to 29.6 °C and the profile annual average was 20.8 °C. Mean monthly grassed soil temperature ranged from 13.0 °C to 30.8 °C and profile annual average was 21.2 °C.

© 2018 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

SILVA, M. R.; STRECK, N. A.; GABRIEL, L. F.; HELDWEIN, A. B.; ZANON, A. J.; ALVES, A. F.; ROSSATO, I. G.; DUARTE JUNIOR, A. J.; PILECCO, I. B.; MILANESI, R. S.; TONETTO, F.; POZZOBON, G. F.; RIBAS, G. G. Climatologia da temperatura do solo sob diferentes coberturas em Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.26, n.1, p.151-159, 2018.