

ESTABILIDADE TEMPORAL DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO

LETIANE HELWIG PENNING¹; MARÍLIA ALVES BRITO PINTO²; ALEXANDRE DIAS DUTRA³; LUÍS CARLOS TIMM⁴; JOSÉ MARIA BARBAT PARFITT⁵;

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Bolsista FAPERGS/CAPES – letipenning@yahoo.com.br;

²UFPel, Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – ma.agro@gmail.com;

³UFPel, Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Bolsista CAPES – engdutr@gmail.com;

⁴UFPel-FAEM, Professor Associado, Orientador, Departamento de Engenharia Rural, ltimm@ufpel.edu.br;

⁵Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS – jose.parfitt@embrapa.br.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O conhecimento da umidade do solo é fundamental em estudos ligados ao sistema solo-planta-atmosfera, principalmente no que tange a identificação e caracterização do padrão de sua variabilidade temporal e espacial. Neste sentido, o conceito de estabilidade temporal tem sido aplicado especialmente em culturas que requerem controle da umidade para manejos de irrigação. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o padrão espacial e temporal da umidade do solo e verificar sua estabilidade ao longo do tempo. Em uma área localizada no Campo Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão-RS, foram instalados 70 sensores watermark® para monitorar a umidade do solo de novembro de 2012 a março de 2013, durante o período de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado por aspersão. O comportamento da umidade foi avaliado através de técnicas de interpolação e aplicação do conceito de estabilidade temporal sendo relacionado com o rendimento da cultura. Os valores de umidade no solo para o período analisado apresentaram estabilidade no tempo, mesmo nos diferentes estádios fisiológicos da cultura do arroz. Este padrão espacial ao longo do tempo se refletiu no rendimento da cultura, visto que os pontos que permaneceram mais úmidos, em geral, apresentaram maior rendimento de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: variabilidade espacial, técnicas de interpolação, arroz irrigado.

TEMPORAL STABILITY OF THE SOIL MOISTURE SPATIAL PATTERN

ABSTRACT: Knowledge of soil moisture is critical in studies related to the soil- plant-atmosphere, especially regarding the identification and characterization of the pattern of temporal and spatial variability. In this sense, the concept of temporal stability has been especially applied to crops that require soil moisture control for irrigation management. Thus, this study aimed to evaluate the spatial and temporal pattern of the soil moisture, and verify their stability over time. In an area located in the Lowlands Experimental Station at Embrapa

Clima Temperado, Capão do Leão - RS, 70 Watermark ®sensors were installed to monitor soil moisture from November 2012 to March 2013, during the development of the irrigated rice culture. The behavior of moisture was evaluated by interpolation techniques and application of the temporal stability concept, being associated with the crop yield. The values of soil moisture for the period analyzed showed stability over time, even in different rice physiological stages. This spatial pattern over time was reflected in the yield crop, since the spots that remained wetter, in general, had higher yield.

KEYWORDS: spatial variability, interpolation techniques, irrigated rice.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da umidade do solo é fundamental em estudos agrônômicos, hidrológicos, pedológicos e ambientais (ZUCCO et al., 2014), e é particularmente importante em estudos ligados ao sistema solo-planta-atmosfera (ÁVILA et al., 2011; MARTINEZ et al., 2013), principalmente no que tange a identificação e caracterização do padrão de sua variabilidade temporal e espacial (GONÇALVES et al., 1999). A avaliação da variabilidade espacial das propriedades do solo bem como da sua estabilidade temporal pode contribuir para uma redução do número de amostras a serem coletadas no campo (VACHAUD et al., 1985; GONÇALVES et al., 1999; GAO e SHAO, 2012; ZUCCO et al., 2014).

O conceito de estabilidade temporal, introduzido por VACHAUD et al. (1985), remete à ideia na qual alguns pontos do monitoramento apresentam valores semelhantes à média do total de pontos monitorados (ÁVILA et al., 2011). A identificação de locais estáveis no tempo para estimar a umidade média do solo tem sido uma das mais importantes aplicações do conceito de estabilidade temporal, e o monitoramento destes pontos representa, além da redução do esforço amostral, uma redução de custos na amostragem (GAO e SHAO, 2012). Além disso, segundo os mesmos autores, a precisão na estimativa da umidade do solo se justifica em áreas irrigadas em que é necessário realizar o controle da umidade para um adequado manejo da irrigação (GONÇALVES et al., 1999).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o padrão espacial e temporal da umidade do solo e verificar sua estabilidade ao longo do tempo aplicando a metodologia proposta por VACHAUD et al. (1985).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma área de 20 m x 61 m localizado no Campo Experimental de Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado (CPACT) situado no município do Capão do Leão-RS, onde 70 sensores watermark® foram instalados em uma malha irregular na profundidade de 0,10 m para monitorar a umidade do solo. Leituras de tensão de água no solo foram conduzidas de novembro de 2012 a março de 2013, durante o período de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado por aspersão. Os dados de tensão foram convertidos em umidade volumétrica por meio do ajuste da curva experimental de retenção de água no solo ao modelo de van Genuchten (van GENUTCHEN, 1980).

O período de avaliação foi dividido nos diferentes estádios fisiológicos da cultura do

arroz, sendo a fase vegetativa dividida em dois períodos: de 13 de novembro a 13 de dezembro de 2012 e 13 de dezembro a 09 de janeiro de 2013. A fase reprodutiva também foi dividida em dois períodos: 09 de janeiro a 09 de fevereiro e 09 de fevereiro a 22 de março de 2013 para uma melhor visualização do comportamento da umidade do solo durante o desenvolvimento da cultura.

A partir das leituras registradas no datalogger acoplado ao sensor watermark® e após convertidas em umidade a base de volume, foi analisado o comportamento da umidade do solo (m^3m^{-3}) através de técnicas de interpolação e da aplicação do conceito de estabilidade temporal introduzido por VACHAUD et al. (1985), que é realizado em duas etapas: na primeira etapa é realizado um “rankeamento” dos dados calculando-se o coeficiente de correlação de Spearman para verificar o grau de concordância da variabilidade espacial dos dados ao longo do tempo; na segunda etapa consiste na diferença relativa, onde faz-se uma análise dos desvios entre os valores observados individualmente e a média destes. A diferença relativa ($\bar{\delta}_{ij}$) pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\bar{\delta}_{ij} = \frac{\theta_{ij} - \bar{\theta}_j}{\bar{\theta}_j} \quad (1)$$

em que $\bar{\delta}_{ij}$ é a diferença relativa média na posição i no tempo j; θ_{ij} é o valor da umidade do solo na posição i e no tempo j; $\bar{\theta}_j$ é a média dos valores de umidade do solo em todas as posições, no tempo j. De acordo com VACHAUD et al. (1985), uma pequena variação na diferença relativa ao longo do tempo, é a indicação de estabilidade temporal. Desta forma, as diferenças relativas médias, expressas em termos percentuais, associadas ao respectivo desvio-padrão no tempo e ordenadas de forma crescente, permitem identificar posições que representam a média geral da umidade do solo na área experimental, sendo que quanto menor o desvio-padrão, maior a confiabilidade da medida naquele ponto.

Foi ainda elaborado o mapa de distribuição espacial do rendimento da cultura do arroz irrigado por aspersão e realizada uma comparação visual com os dados de umidade do solo. O interpolador denominado de inverso do quadrado da distância foi usado para confecção dos mapas com auxílio do software GS+, versão 7.0 (ROBERTSON, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os mapas de distribuição espacial da umidade do solo. Analisando a Figura 1 pode-se verificar que, exceto em alguns pontos, aqueles com maiores ou menores valores tendem a manter seu comportamento, gerando certo padrão espacial da umidade do solo. Para GONÇALVES et al. (1999), este comportamento já indica estabilidade temporal, desta forma, os valores de umidade do solo para o período analisado apresentaram estabilidade no tempo, mesmo nos diferentes estádios fisiológicos da cultura do arroz. Este padrão foi mantido durante praticamente todo o período, corroborando com estudos de ROCHA et al. (2005).

Este padrão espacial ao longo do tempo se refletiu no rendimento da cultura (Figura 2), visto que os pontos que permaneceram mais úmidos, em geral, apresentaram maior rendimento de grãos, com exceção de alguns pontos no último período da fase vegetativa e no

primeiro período da fase reprodutiva, onde esta tendência não se manteve, gerando certa variabilidade no padrão espacial desta variável.

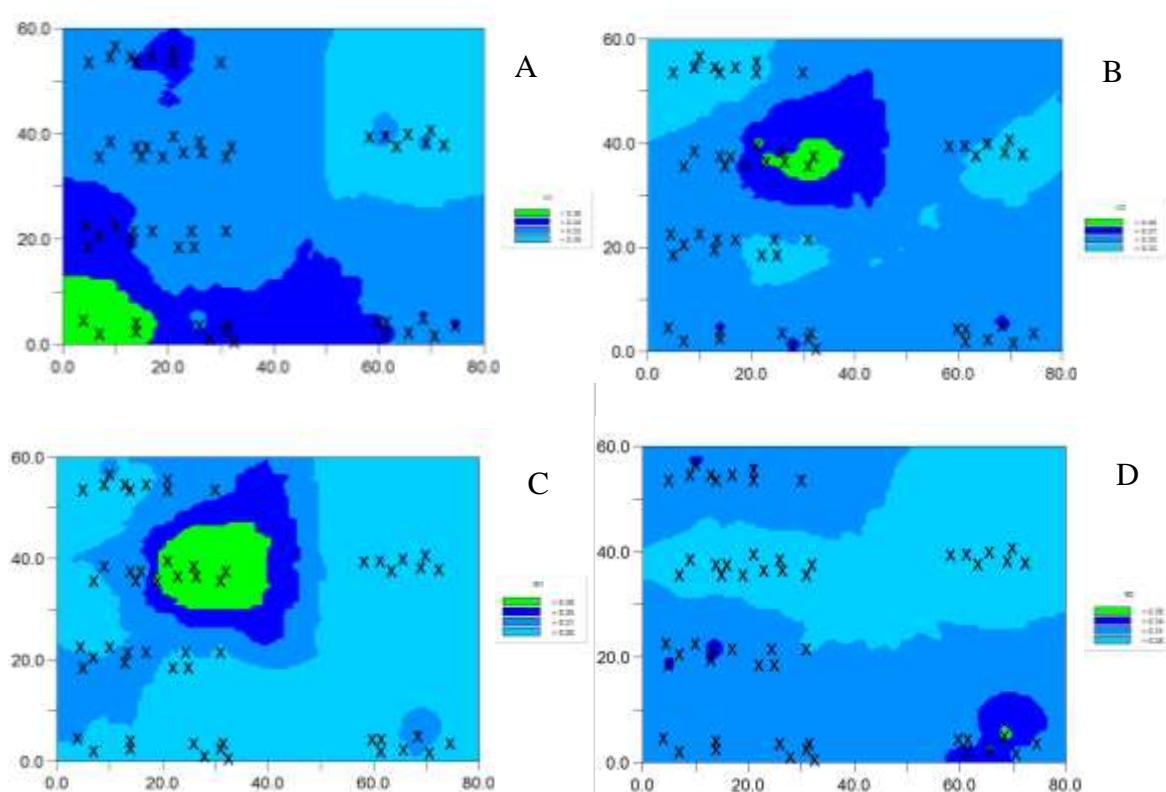


FIGURA 1. Mapas dos dados de umidade do solo no período vegetativo (A e B) e no período reprodutivo (C e D).

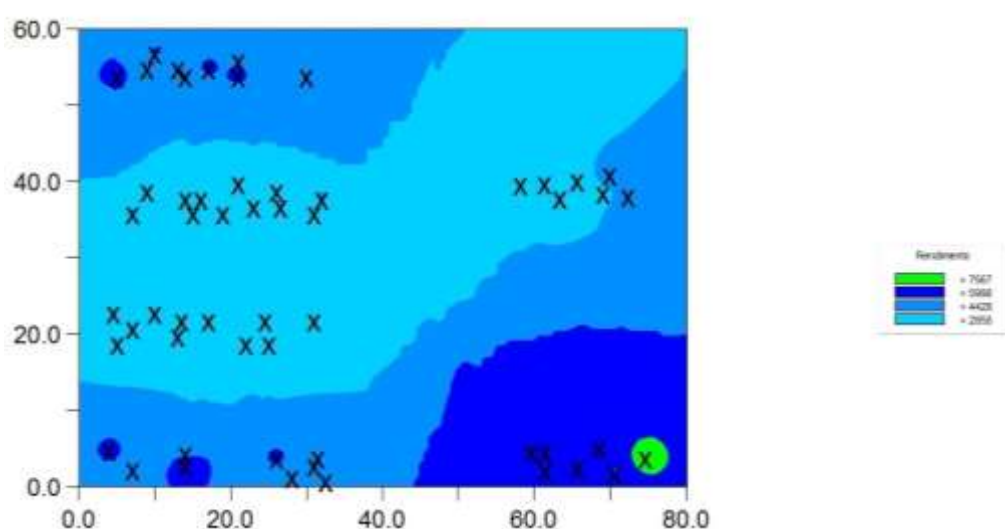


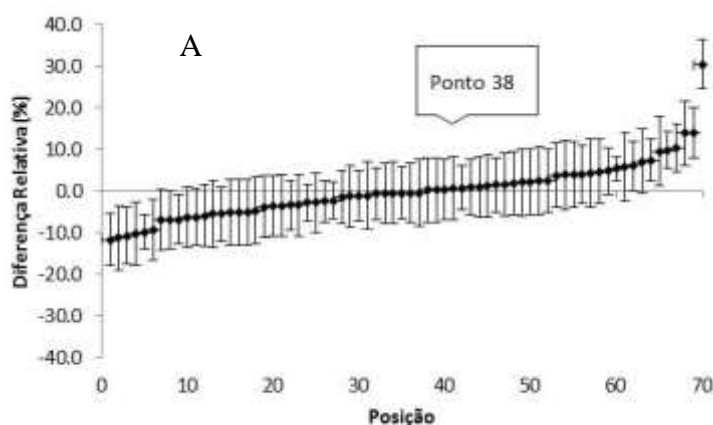
FIGURA 2. Mapa da produtividade da cultura do arroz irrigado por aspersão na área experimental.

Na Tabela 1 se encontram os valores dos coeficientes de correlação de Spearman dos dados de umidade do solo para os diferentes estádios fisiológicos da cultura do arroz irrigado por aspersão. Analisando os dados pode-se observar que os valores dos coeficientes de correlação referentes aos períodos avaliados na fase reprodutiva apresentaram maior estabilidade temporal quando comparados a fase vegetativa, mas em geral, todos os valores de correlação foram altos. Quanto mais próximo de 1 o coeficiente de correlação de Spearman, mais estável é o processo (VACHAUD et al., 1985). Desta forma, constata-se que existe uma estabilidade nos valores de umidade do solo ao longo do tempo na área, corroborando com os resultados apresentados nos mapas acima.

TABELA 1. Matriz dos coeficientes de correlação de Spearman “rankeados” das séries de leituras da umidade do solo obtidas nos diferentes estádios fisiológicos da cultura do arroz irrigado por aspersão.

Datas	(1) 13 Nov 2012	(2) 13 Dez 2012	(3) 9 Jan 2013	(4) 9 Fev 2013	(5) 22 Mar 2013
Umidade média (m ³ m ⁻³)	0,45	0,44	0,40	0,32	0,32
(1)	1				
(2)	0,8363	1			
(3)	0,6612	0,7321	1		
(4)	0,6378	0,7608	0,9647	1	
(5)	0,6349	0,7608	0,9623	0,9973	1

Com base nos locais que representam o valor médio da umidade na área experimental é possível demarcar os locais para um futuro monitoramento da umidade do solo, reduzindo desta forma o esforço amostral (VACHAUD et al., 1985; ROCHA et al., 2005). Assim, foram calculadas as diferenças relativas (Eq. 1) para todos os dados de umidade do solo coletados na área (70 locais) nos quatro períodos avaliados ao longo do desenvolvimento do arroz irrigado por aspersão. As diferenças relativas médias e os respectivos desvios-padrão, calculados conforme VACHAUD et al. (1985), são mostradas na Figura 3.



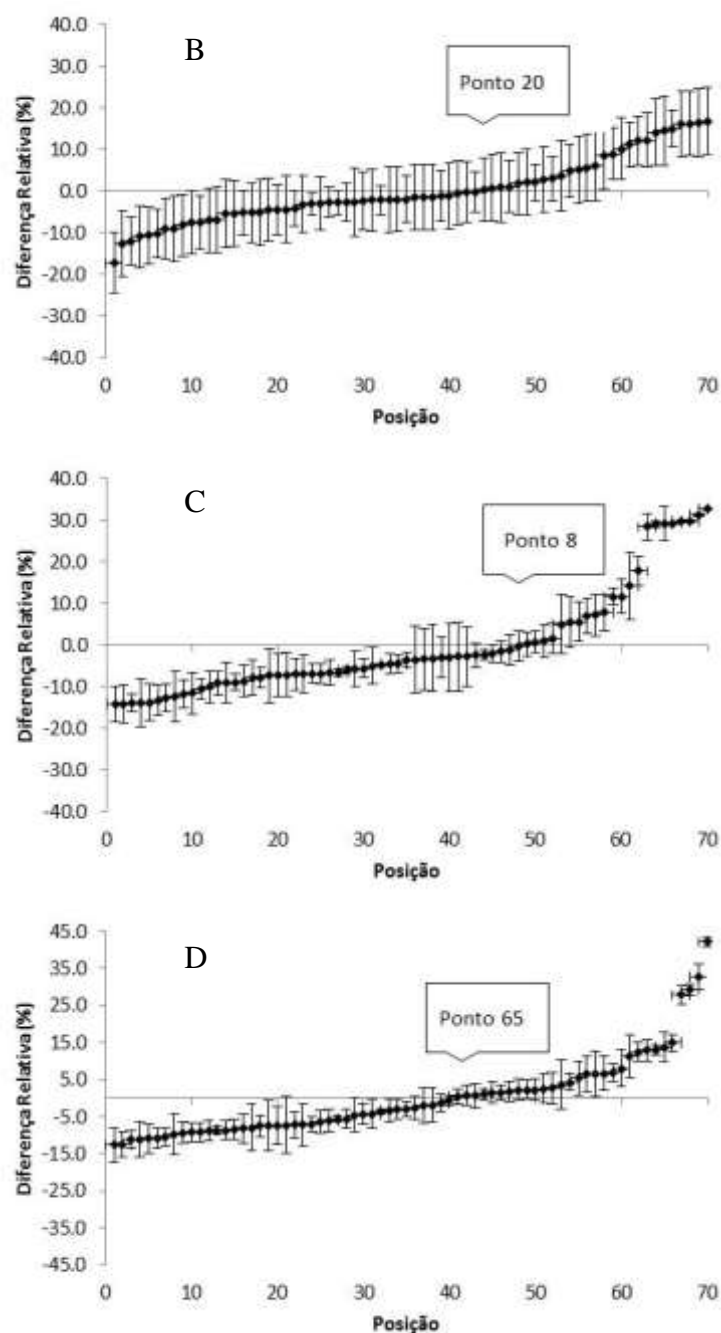


FIGURA 3. Diferenças relativas médias e respectivos desvios-padrão da umidade do solo (%) na fase vegetativa (A e B) e na fase reprodutiva (C e D) da cultura do arroz irrigado por aspersão.

O local a ser escolhido para os futuros monitoramentos deve apresentar uma diferença relativa média igual ou muito próxima a zero e estar associado ao menor desvio-padrão (GONÇALVES et al., 1999). De todos os 70 locais monitorados na área experimental, somente os pontos 38 e 20 (fase vegetativa) e 8 e 65 (fase reprodutiva) apresentaram a diferença relativa média mais próxima de zero e menor desvio-padrão, representando desta forma o valor médio da umidade na área para o período vegetativo e reprodutivo,

respectivamente (Figura 3). Nota-se que foram identificados diferentes pontos nos períodos avaliados, o que segundo ÁVILA et al. (2011), pode ser atribuído à variabilidade do padrão espacial-temporal entre os períodos do estágio fisiológico da cultura, embora esta variabilidade seja pequena.

CONCLUSÕES

Os valores de umidade no solo na área experimental e para o período analisado apresentaram estabilidade no tempo, mesmo nos diferentes estádios fisiológicos da cultura do arroz. Este padrão espacial ao longo do tempo se refletiu no rendimento da cultura, visto que os pontos que permaneceram mais úmidos, em geral, apresentaram maior rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M. Padrão espaço-temporal da umidade volumétrica do solo em uma bacia hidrográfica com predominância de latossolos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35:1801-1810, 2011.

GAO, L.; SHAO, M.; Temporal stability of soil water storage in diverse soil layers. **Catena** 95:24–32, 2012.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, A.P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:155-164, 1999.

MARTINEZ, G. ; PACHEPSKY, Y. A. ; VEREECKEN, H.; HARDELAUF, H. ; HERBST, M.; VANDERLINDEN, K.; Modeling local control effects on the temporal stability of soil water content. **Journal of Hydrology**, 481:106–118, 2013.

ROBERTSON, G.P. GS+. Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

ROCHA, G. C.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; CRUZ, A. C. R.; Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem de água em um solo cultivado com citros. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 29:41-50, 2005.

VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, P.; VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. **Soil Science Society of America Journal**, 49:822-827, 1985.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 44:892-898, 1980.

ZUCCO, G.; BROCCA, L.; MORAMARCO, T.; MORBIDELLI, R.; Influence of land use on soil moisture spatial-temporal variability and monitoring. **Journal of Hydrology**, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.043>.