

# ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO E CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO<sup>(1)</sup>

J. E. FIORIN<sup>(2)</sup>, D. J. REINERT<sup>(3)</sup> & J. A. ALBUQUERQUE<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Avaliou-se o efeito do armazenamento de água no solo, induzido por diferentes condições de profundidade do horizonte A, no crescimento e produção da cultura do milho híbrido Cargill 511-A, em podzólico vermelho-amarelo, na área experimental do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, nos anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Selecionaram-se quatro áreas com horizonte A raso (0,30-0,50 m) e quatro áreas com horizonte A profundo (0,70-0,90 m). O armazenamento de água do solo foi calculado a partir do monitoramento semanal do conteúdo de água no solo pela sonda de nêutrons em vários horizontes até a profundidade de 1 m. Para todos os locais, efetuaram-se leituras a 0,10; 0,25; 0,46; 0,70 e 0,93 m. Houve relação direta entre o armazenamento de água no horizonte A e a produção de grãos. As áreas com horizonte A profundo, nos dois anos agrícolas, apresentaram maior quantidade de água armazenada, correspondendo aos maiores valores de produção de matéria seca e de grãos.

**Termos de indexação:** armazenamento de água no solo, profundidade do horizonte A, produção de milho.

## SUMMARY: SOIL WATER STORAGE AND GROWTH AND YIELD OF CORN

*The effect of soil water storage induced by different conditions of A horizon depth was evaluated for a red-yellow podzolic (Typic Hapludalf) soil at the experimental field of the Soil Science Department, Federal University of Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil, in 1991/92 and 1992/93 agricultural year. Four areas with shallow A horizon (0.30-0.50 m) and four areas with deep A horizon (0.70-0.90 m) were selected. Soil water storage was computed from weekly monitored soil water content measured by neutron probe for different horizons down to 1 m. Corn yield was associated to soil water stored within the A horizon. The deep A horizon had higher water storage and higher corn dry matter and grain yield.*

*Index terms: water storage, A horizon depth, corn yield.*

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Biodinâmica do Solo, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 20/8/93. Trabalho recebido para publicação em julho de 1996 e aprovado em março de 1997.

<sup>(2)</sup> Pesquisador da FUNDACEP FECOTRIGO, rs 342, km 14, Caixa Postal 10, CEP 98100-970 Cruz Alta (RS).

<sup>(3)</sup> Professor Titular do Departamento de Solos, CCR, UFSM. CEP 97119-900 Santa Maria (RS).

<sup>(4)</sup> Engenheiro-Agrônomo, UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS).

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, principalmente na região de solos bem drenados e de textura superficial média a arenosa da Depressão Central, têm sido observados decréscimos da produtividade da cultura do milho associados à ocorrência de períodos de déficit hídrico de curta duração, que quase sempre ocorrem de setembro a março. Esses períodos são tanto mais evidentes quanto menor a capacidade do solo em armazenar água, devido, principalmente, à redução da profundidade efetiva do sistema radicular das plantas. A umidade do solo assume vários graus de importância, dependendo da quantidade e da distribuição da precipitação durante a estação de crescimento, o que pode ser insuficiente para fornecer a água necessária às plantas de milho. A produção de milho, sob condições naturais de chuvas variáveis e imprevisíveis, requer o amparo de pesquisa que melhore o entendimento das relações entre o armazenamento de água no solo e o crescimento e produção da cultura do milho. Isso conduzirá à formulação de sistemas de produção agrícolas mais adequados.

Analisando a produção das plantas nos principais tipos de solos de Illinois, sob diferentes condições climáticas e sistemas de manejo, Rust & Odell (1957) sugerem que a avaliação dos parâmetros umidade do solo e profundidade de enraizamento permitem melhorar as estimativas da variação da produção associada a variáveis climáticas. A espessura da camada de solo explorada pelo sistema radicular, representada pela profundidade do horizonte A, determina a capacidade de armazenamento de água no solo, já que o horizonte B<sub>c</sub>, em muitos casos, apresenta restrições ao desenvolvimento radicular (Fiorin et al., 1992).

A relação entre a profundidade do solo ou capacidade de armazenamento de água na zona radicular e produção da cultura do milho tem sido investigada. Albuquerque et al. (1992), num estudo de variabilidade espacial de propriedades do solo, observaram que as variações de profundidade do horizonte A foram altamente correlacionadas com a produção da cultura do milho. As variações de profundidade do horizonte A, de 0,25-1,20 m, foram atribuídas principalmente à erosão hídrica provocada pelo manejo inadequado, há várias décadas. Estudando o efeito de três graus de erosão sobre a produção do milho, Mokma & Sietz (1992) observaram que a espessura do solum decresceu de 1,35 para 0,56 m com o aumento do grau de erosão. A produção de milho de parcelas severamente erodidas foi 21% menor do que aquelas ligeiramente erodidas, num período de cinco anos. Em anos de baixa disponibilidade hídrica, a redução de produção foi ainda maior (até 48%). Com adequada umidade, porém, a redução de produção no solo severamente erodido não mostrou diferenças significativas, quando comparada à do ligeiramente erodido.

Existem consideráveis variações no efeito da capacidade de armazenamento de água disponível à planta ou profundidade do solo sobre a produção de

milho. Essas variações são causadas por diferenças nas condições climáticas entre estações de crescimento e locais, ou por possíveis diferenças no solo e local (Leeper et al., 1974a,b; Langsdale et al., 1979; Frye et al., 1983), e diferenças relacionadas à quantidade e época da precipitação (Swan et al., 1987). Assim, fatores de solo, planta e clima, que afetam a adição de água e seu uso na zona radicular, podem modificar a relação entre profundidade do solo e produção de milho.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do armazenamento de água no solo, induzido por diferentes condições de profundidade do horizonte A, no crescimento e produção da cultura do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em campo, nos anos agrícolas 1991/92 e 1992/93, na área experimental do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (RS). O clima se enquadra na classe "Cfa" da classificação de Köppen. O solo da área foi classificado como podzólico vermelho-amarelo distrófico (Typic Hapludalf), com textura franco-arenosa na superfície e franco argilosa na subsuperfície. No quadro 1, encontram-se algumas características e propriedades dos horizontes A e B de um local da área experimental. A variação espacial dessas, para cada horizonte, nos pontos observados, não foi grande, indicando que a variação de retenção ou armazenamento de água está associada à variação de espessura dos horizontes.

A precipitação pluvial observada durante o ciclo da cultura do milho para os anos de 1991/92 e 1992/93, na Estação Meteorológica da UFSM, a 1 km da área experimental, é apresentada na figura 1.

**Quadro 1. Valores de alguns atributos do solo de um podzólico vermelho-amarelo com profundidade média de horizonte A localizado na área experimental**

Atributo do solo	Horizonte A	Horizonte B
Argila, g kg <sup>-1</sup>	90	385
Silte, g kg <sup>-1</sup>	249	225
Areia, g kg <sup>-1</sup>	661	388
Densidade do solo, kg dm <sup>-3</sup>	1,63	1,45
Porosidade total, dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	0,372	0,446
Água retida a -6 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,191	0,279
Água retida a -10 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,180	0,268
Água retida a -33 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,138	0,235
Água retida a -100 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,115	0,225
Água retida a -300 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,087	0,205
Água retida a -1.000 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,077	0,190
Água retida a -1.500 kPa, kg kg <sup>-1</sup>	0,074	0,179

Fonte: Os dados de retenção de água no solo foram extraídos de Montenegro (1976).

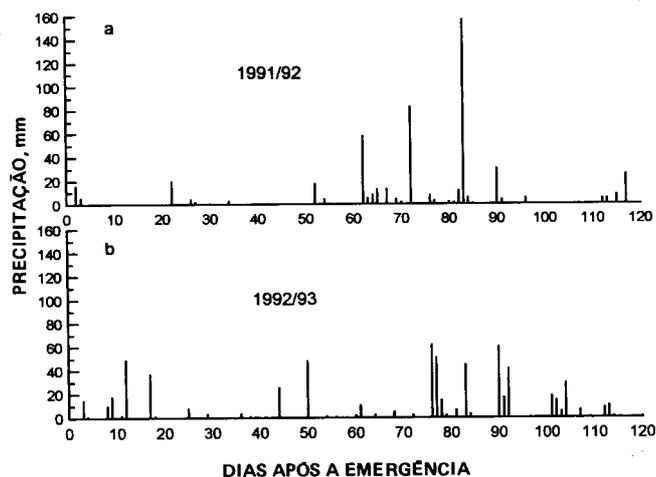


Figura 1. Precipitação pluvial durante o ciclo da cultura do milho para os anos agrícolas de 1991/92 e 1992/93, na Estação Meteorológica da UFSM, a 1 km da área experimental.

A área experimental abrange duas faixas entre terraços, com considerável variação de profundidade e/ou espessura de horizonte A. Por isso, foi efetuado preliminarmente um estudo de variabilidade do solo, quanto à profundidade do horizonte A, para seleção de áreas de profundidade uniforme. Selecionaram-se quatro áreas com horizonte A raso (0,30-0,50 m), e quatro áreas com horizonte A profundo (0,70-0,90 m), estabelecendo-se dois pontos de observação em cada área, totalizando oito repetições para cada condição de profundidade de horizonte A. O estudo de variabilidade do solo está descrito em Albuquerque et al. (1992).

A semeadura do milho em sistema de plantio direto foi realizada em 24 de setembro e 8 de outubro, respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Utilizou-se o híbrido de milho Cargill 511-A, com espaçamento de 1 m entre linhas e seis sementes por metro linear. A adubação constou da aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-20, respectivamente, de N, P e K, no momento da semeadura, e aplicação posterior de nitrogênio em cobertura. No ano agrícola 1991/92, aplicaram-se 90 kg ha<sup>-1</sup> e, em 1992/93, 45 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura.

O conteúdo de água do solo foi monitorado, semanalmente, com sonda de nêutrons, nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,46; 0,70 e 0,93 m. Utilizou-se uma sonda de nêutrons modelo CPN 503 DR Hydroprobe, com fonte de Americium-Berilium de 1,85GBq. Os períodos de avaliação foram do 47º dia e do 1º dia após a emergência até a maturação fisiológica, respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. O tipo de tubo de acesso usado foi o de PVC. A calibração da sonda de nêutrons baseou-se em equações preexistentes obtidas para um solo semelhante (Carlesso, 1991)<sup>(5)</sup>. Para ajuste final dos parâmetros das equações de calibração, que relaciona a contagem relativa

com a umidade gravimétrica, para as diferentes camadas do perfil do solo, utilizaram-se dados observados por determinação gravimétrica do conteúdo de água no solo.

O cálculo do armazenamento de água foi efetuado considerando a espessura dos horizontes, quantificada na descrição morfológica de cada ponto de amostragem, até 1 m de profundidade. Obtiveram-se, assim, dados relativos ao armazenamento de água no horizonte A, armazenamento de água em parte do horizonte B, inclusa na camada de 0-1 m, e armazenamento total de água, na camada de 0-1 m, através do somatório do armazenamento nas diferentes camadas. Os dados apresentados são relativos ao armazenamento de água nos momentos das medidas, em número de 11 e 16, respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Os armazenamentos de água, utilizados no estudo da relação do armazenamento com a produção de grãos, correspondem ao armazenamento médio resultante da divisão do somatório dos armazenamentos de todas as medições realizadas ao longo do ciclo pelo número de medições.

A taxa de alongação foliar, usada como indicativo de estresse hídrico, foi avaliada no ano agrícola 1991/92, mediante medições semanais do comprimento das folhas do estágio V7 (sete folhas) ao estágio VT (pendoamento). A medição do comprimento foi realizada em quatro plantas por ponto de amostragem, em folhas superiores, com bainha ainda não visíveis.

A avaliação de produção de matéria seca total foi efetuada por meio de amostragens de plantas, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Utilizaram-se sete plantas por ponto de amostragem por coleta. A matéria seca total foi obtida através de secagem das plantas em estufa à temperatura de 65-70°C, até peso constante, expressando os resultados em t ha<sup>-1</sup>.

A avaliação da produtividade do milho foi realizada em parcelas de 20 m<sup>2</sup>, expressando o valor em kg ha<sup>-1</sup> a 1,3 g kg<sup>-1</sup> de umidade.

Os resultados experimentais de armazenamento de água no solo e produção de grãos de milho foram submetidos à análise de correlação usando o Statistical Analysis System V6.06 (SAS, 1990). Usou-se análise da variância para o modelo experimental de blocos ao acaso inteiramente casualizados e teste t para comparação de médias, em cada data de observação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas com horizonte A profundo, nos dois anos agrícolas, apresentaram maior quantidade de água armazenada no horizonte A, durante todo o ciclo da cultura do milho, quando comparado às áreas com horizonte A raso (Figura 2). Isso pode ser explicado pela maior espessura do horizonte A.

Os valores de armazenamento de água em parte do horizonte B, inclusa na camada de 0-1 m (Figura 2) foram superiores sob condições de horizonte A raso (B espesso) nos anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Os

<sup>(5)</sup> CARLESSO, J.C. Comunicação pessoal, 1991.

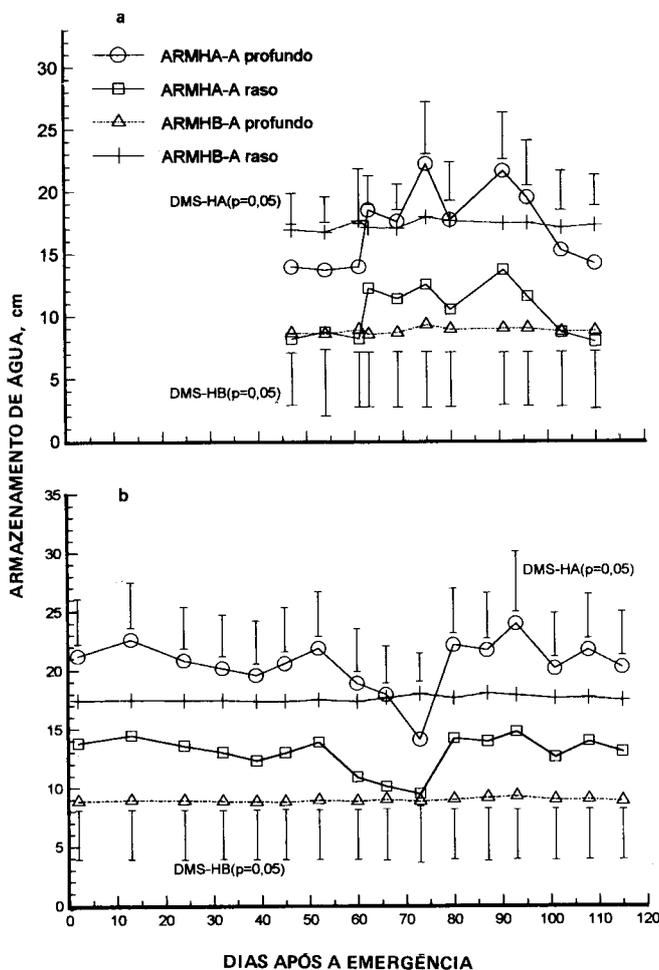
valores de armazenamento total de água na camada de 0-1 m (Quadro 2), apesar de não serem estatisticamente superiores, são consistentemente superiores sob condições de horizonte A raso (B espesso). Isso pode ser explicado pela maior espessura do horizonte B, inclusa no 1 m monitorado, que possui maior capacidade de retenção de água, devido a seu maior conteúdo de argila. Essa maior capacidade de armazenamento pode não representar maior potencial de água extraível pelas raízes das plantas em virtude da restrição ao desenvolvimento radicular e pela relação textural alta entre o horizonte B<sub>t</sub> e o horizonte A (> 4), bem como pela presença de concreções ferruginosas nesse horizonte (Fiorin et al., 1992). Fato semelhante foi observado por Swan et al. (1987): as raízes de milho pouco penetraram em camada argilosa, e a água armazenada nesta não foi utilizada pelas plantas.

O armazenamento de água no horizonte A, tanto sob condições de horizonte A raso, como de horizonte A profundo, mostrou-se superior no ano agrícola

1992/93, durante a maior parte do ciclo da cultura (Figura 2). Integrando numericamente o armazenamento de água para um período que vai dos 47 dias aos 110 dias após a emergência, observou-se armazenamento acumulado no período para o ano agrícola 1992/93, respectivamente, 13,8 e 16,4%, maior do que para o ano agrícola 1991/92, para as condições de horizonte A profundo e A raso. Esse comportamento está associado às maiores quantidades de precipitação e a sua melhor distribuição durante a estação de crescimento da cultura no ano agrícola 1992/93 (Figura 1).

Os valores de armazenamento de água em parte do horizonte B, inclusa na camada de 0-1 m, e sua

**Quadro 2. Armazenamento total de água, na camada de 0-1,0 m, durante o ciclo da cultura do milho, cultivado nas condições de A profundo (B pouco espesso) e condição A raso (B espesso). Anos agrícolas 1991/92 e 1992/93**



**Figura 2. Armazenamento de água no horizonte A (ARMHA) e em parte do horizonte B (ARMHB), durante o ciclo da cultura do milho, nas condições de horizonte A profundo e A raso, anos agrícolas 1991/92 (a) e 1992/93 (b). DMS compara médias para cada horizonte, em cada data monitorada.**

Data	Dias após a emergência	Armazenamento total da água	
		A profundo	A raso
mm			
1991/92			
20/11	47	226a	251a
27/11	54	222b	254a
04/12	61	228a	258a
06/12	63	270a	293a
12/12	69	262a	286a
18/12	75	315a	304a
23/12	80	266a	281a
03/01	91	306a	311a
08/01	96	284a	289a
15/01	103	239a	257a
22/01	110	229a	252a
1992/93			
18/10	2	301a	312a
29/10	13	315a	319a
09/11	24	297a	310a
17/11	32	290a	304a
24/11	39	283a	296a
30/11	45	293a	303a
07/12	52	307a	313a
15/12	60	277a	282a
21/12	66	268a	277a
28/12	73	229a	274a
04/01	80	311a	318a
11/01	87	308a	319a
17/01	93	331a	326a
25/01	101	291a	301a
1.º/02	108	307a	315a
08/02	115	290a	304a

Letras iguais na horizontal indicam semelhança estatística pelo teste t ( $p = 0,05$ ).

variação ao longo do ciclo da cultura, mostrou comportamento semelhante nos dois anos agrícolas (Figura 2). A pequena amplitude de variação no armazenamento de água em parte do horizonte B inclusa na camada de 0 a 1 m, ao longo do ciclo da cultura, nas duas condições de profundidade de horizonte (A raso ou B espesso e A profundo ou B pouco espesso), indica a pequena contribuição do horizonte B, no suprimento de água às plantas.

Observou-se a ocorrência de períodos de deficiência hídrica em ambos os anos agrícolas. Os primeiros sintomas, enrolamento das folhas, ocorreram nas horas mais quentes do dia, quando a demanda atmosférica era alta, ocorrendo recuperação da turgescência dos tecidos vegetais no final da tarde ou à noite. Os períodos de deficiência hídrica, semelhantes às observações realizadas por Leeper et al. (1974a,b), mostraram ser mais frequentes e mais pronunciados sob condições de horizonte A raso, em virtude da sua menor capacidade de armazenamento de água.

A taxa de alongação foliar, para o ano agrícola 1991/92 (Figura 3), decresceu durante os períodos de menores índices pluviométricos, ocorridos na primeira metade do ciclo da cultura do milho (Figura 1). Essa redução foi mais pronunciada na condição A raso, em virtude do menor armazenamento de água no horizonte A (Figura 2). Quando do suprimento de água, pela precipitação, a taxa de alongação torna a aumentar. Isso está de acordo com a hipótese de Acevedo et al. (1971), em que os processos metabólicos de expansão celular, aparentemente, não foram restringidos durante o período de estresse, com crescimento reduzido. Estudando a resposta do milho ao déficit de água no solo, Nesmith & Ritchie (1992) observaram uma relação direta entre o crescimento relativo de folhas de milho e a água disponível às plantas em 1,5 m de perfil do solo.

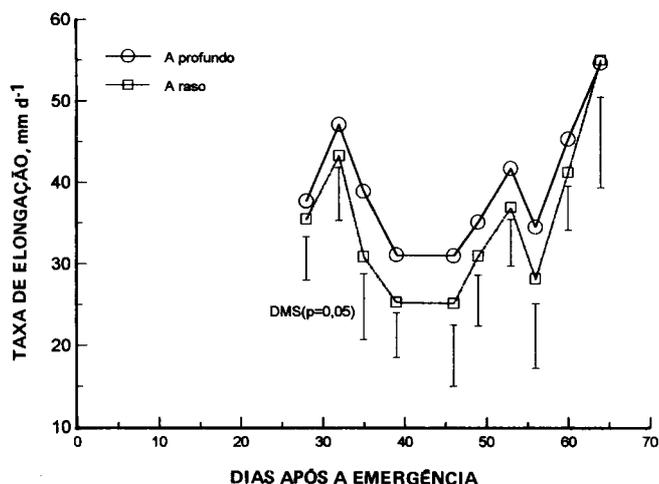


Figura 3. Taxa de alongação foliar do milho, ao longo do ciclo da cultura, cultivado nas condições de horizonte A profundo e A raso, ano agrícola 1991/92. DMS compara médias em cada data monitorada.

A produção de matéria seca da planta, ao longo do ciclo da cultura do milho, mostrou-se inferior na condição A raso nos dois anos agrícolas (Figura 4). Essa diferenciação foi mais evidente no ano agrícola 1991/92, com os menores valores de produção de matéria seca ao longo de todo o ciclo da cultura. Isso está associado às menores taxas de alongação foliar, armazenamento de água no horizonte A e índices pluviométricos ocorridos na primeira metade do ciclo da cultura. No ano agrícola 1992/93, essa diferenciação só foi perceptível na parte final do ciclo da cultura, na qual houve ocorrência de curto período (mais ou menos dez dias) de estresse hídrico, antes e durante os estádios de pendramento e espigamento, ocorridos 72 e 75 dias após a emergência. A redução de produção de matéria seca das plantas, na maturação fisiológica, sob condições de solo com horizonte A raso foi em torno de 22 e 12%, respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Em estudos de Lorens et al. (1987) houve redução de 25 a 29% e 12 a 15%, respectivamente, quando o estresse hídrico foi imposto no estágio vegetativo e no reprodutivo. A ocorrência de estresse hídrico no estágio vegetativo, quando a planta está crescendo ativamente, reduz a alongação das partes da planta (Denmead & Shaw, 1960), afetando tanto o desenvolvimento de estruturas vegetativas, que mais tarde determina a capacidade de produção de matéria seca da planta, quanto o desenvolvimento de estruturas reprodutivas (Claassen & Shaw, 1970a,b).

O armazenamento de água no horizonte A apresentou relação direta com a produção de grãos (Figura 5). Sob condições de horizonte A profundo, nos dois anos agrícolas, encontram-se os maiores valores de armazenamento de água no horizonte A, correspondendo aos maiores valores de produção de grãos. Observou-se correlação positiva entre produção de grãos e armazenamento de água no horizonte A. Os coeficientes de correlação foram de 0,79 e 0,74,

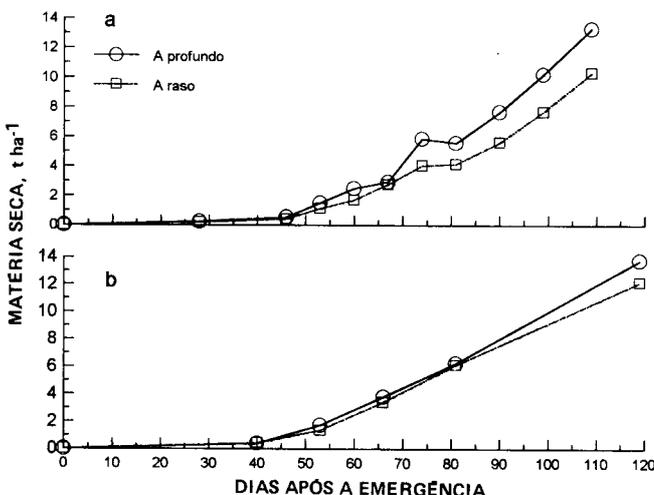


Figura 4. Produção de matéria seca, ao longo do ciclo da cultura do milho, cultivado nas condições de horizonte A profundo e A raso, anos agrícolas 1991/92 (a) e 1992/93 (b).

respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. Os valores de umidade gravimétrica do solo foram sempre inferiores a  $0,18 \text{ g g}^{-1}$ . Considerando os dados do quadro 1, esse horizonte sempre apresentou porosidade livre de água superior a  $0,10 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , ficando nos dias de maior umidade no solo, próxima do limite crítico de aeração convencionalmente dito para a cultura do milho. Aceitando isso, a limitação maior para essa cultura fica sendo a disponibilidade de água, que está diretamente associada à quantidade de água armazenada na profundidade efetiva do solo. A relação entre o armazenamento de água no horizonte B e a produção de grãos foi negativa em ambos os anos. Os coeficientes de correlação foram de  $-0,76$  e  $-0,69$ , respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93. O armazenamento total de água, na camada de 0-1 m, não mostrou correlação significativa com a produção de grãos. Os coeficientes de correlação foram de  $-0,46$  e  $-0,10$  (não significativos estatisticamente) para 1991/92 e 1992/93 respectivamente. Os valores de umidade gravimétrica do solo para o horizonte B estiveram em torno de  $0,20$  a  $0,25 \text{ g g}^{-1}$ , apresentando pouca oscilação no tempo. Considerando os dados do quadro 1, esse horizonte apresentou porosidade livre de água de  $0,15$  a  $0,07 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ . A maior diferença de ambiente do solo quanto aos aspectos físicos entre o horizonte A e o B está relacionada à retenção de água e, por consequência, à distribuição do tamanho de poros. O horizonte A apresenta  $0,191 \text{ g g}^{-1}$  de água retida a  $-6 \text{ kPa}$ , o que nos conduz a  $0,311 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de poros de diâmetro equivalente menores do que a  $48 \mu\text{m}$  ou  $0,06 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de poros maiores do que  $48 \mu\text{m}$ . Entretanto, o horizonte B apresenta  $0,279 \text{ kg kg}^{-1}$  de água retida a  $-6 \text{ kPa}$  com  $0,404 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de poros de diâmetro equivalente menores do que  $48 \mu\text{m}$  ou  $0,04 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  de poros maiores do que  $48 \mu\text{m}$ . Esses dados implicam aceitar que as raízes exploram e crescem mais no horizonte A, devido à maior facilidade de crescimento nos macroporos e à provável melhor aeração durante o ciclo da cultura. A correlação negativa entre o armazena-

mento de água no horizonte B incluso na profundidade de 0-1 m com a produção de grãos é uma evidência de que a água desse horizonte não é acessível às raízes das plantas, em virtude da sua restrição ao desenvolvimento radicular. Durante o pleno pendoamento do milho, no segundo ano do experimento, foram abertas trincheiras nas áreas com horizonte A raso e profundo, as quais mostraram que realmente muito poucas raízes se desenvolveram no horizonte B.

A produção de grãos, sob condições de horizonte A raso, quando comparada com condições de horizonte A profundo, foi inferior em  $1890 \text{ kg ha}^{-1}$  (29%) e  $869 \text{ kg ha}^{-1}$  (14,3%), respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93 (Figura 5). Esses valores se mostram semelhantes à redução da produção de grãos de 25% e 21% a 27%, respectivamente, observada por Denmead & Shaw (1960) e Lorens et al. (1987), ocasionada por estresse hídrico no estágio vegetativo. Para estresse no estágio reprodutivo, Lorens et al. (1987) encontraram redução de produção de grãos de 8 a 23%. A maior amplitude de variação na produção de grãos, no primeiro ano agrícola, confirma a hipótese de que o efeito do armazenamento de água no solo é mais evidente em anos de baixa disponibilidade hídrica (Mokma & Sietz, 1992; Leeper et al., 1974a,b).

## CONCLUSÕES

1. O armazenamento de água no horizonte A apresentou relação direta com a produção de grãos. Esta, sob condições de horizonte A raso, quando comparada com condições de horizonte A profundo, foi inferior em  $1890 \text{ kg ha}^{-1}$  (29%) e  $869 \text{ kg ha}^{-1}$  (14,3%), respectivamente, para os anos agrícolas 1991/92 e 1992/93.
2. O solo com horizonte A profundo atenuou o efeito de veranicos sobre o rendimento da cultura.

## AGRADECIMENTOS

Aos Professores Luiz Severo Mugica Mutti e Flávio Moreira Xavier, pelas valiosas sugestões na definição do sistema de produção utilizado no estudo.

## LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E.; HSIAO, T.C. & HENDERSON, D.W. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.*, Baltimore, 48:631-636, 1971.
- ALBUQUERQUE, J.A.; FIORIN, J.E.; REINERT, D.J.; MUTTI, L.S.M. & SILVA, E.P. Variabilidade espacial de propriedades do solo e produção de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., Santa Maria, 1992. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v.2A, p.417-430.
- CLAASSEN, M.M. & SHAW, R.H. Water deficit effects on corn: I. Vegetative components. *Agron. J.*, Madison, 62:649-652, 1970a.

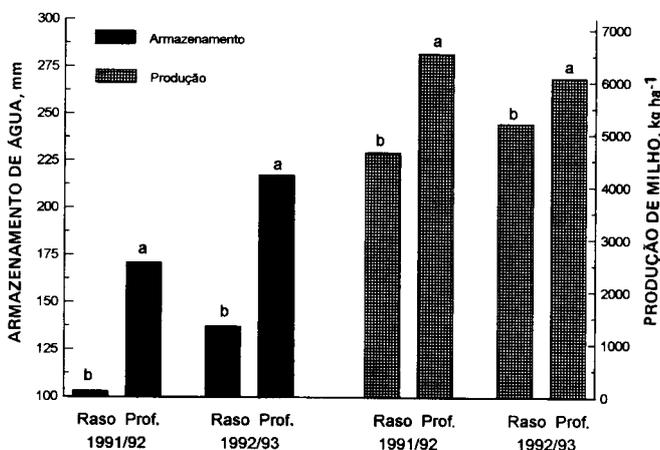


Figura 5. Armazenamento médio de água no horizonte A e produção de milho, para os anos agrícolas de 1991/92 e 1992/93. Letras comparam médias para cada ano agrícola.

- CLAASSEN, M.M. & SHAW, R.H. Water deficit effects on corn: II. Grain components. *Agron. J.*, Madison, 62:652-655, 1970b.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.*, Madison, 52:272-274, 1960.
- FIORIN, J.E.; ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; MUTTI, L.S.M.; XAVIER, F.M.; FONTINELLI, F.; SILVA, E.P. & MISSIO, E. Produtividade do milho induzida pela variação de armazenamento de água em um Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., e SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., Santa Maria, 1992. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v.2B, p.951-962.
- FRYE, W.W.; MURDOCK, L.W. & BLEVINS, R.L. Corn yield-fragipan depth relations on a Zanesville soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 47:1043-1045, 1983.
- LANGSDALE, G.W.; BOX JR., J.E.; LEONARD, R.A.; BARNET, A.P. & FLEMING, W.G. Corn yield reduction on eroded Southern piedmont soils. *J. Soil Water Conserv.*, Ankeny, 34:226-228, 1979.
- LEEPER, R.A.; RUNGE, E.C.A. & WALKER, W.M. Effects of plant-available stored soil moisture on corn yields: I. Constant climate conditions. *Agron. J.*, Madison, 66:723-727, 1974a.
- LEEPER, R.A.; RUNGE, E.C.A. & WALKER, W.M. Effects of plant-available stored soil moisture on corn yields: II. Variable climate conditions. *Agron. J.*, Madison, 66:728-733, 1974b.
- LORENS, G.F.; BENNETT, J.M. & LOGGALE, L.B. Differences in drought resistance between two corn hybrids: II. Component analysis and growth rates. *Agron. J.*, Madison, 79:808-813, 1987.
- MOKMA, D.L. & SIETZ, M.A. Effects of soil erosion on corn yields on Marlette Soils in South-Central Michigan. *J. Soil Water Conserv.*, Ankeny, 47(4):325-327, 1992.
- MONTENEGRO, J.O. Características físicas e fator de erodibilidade de solos da depressão central do Rio Grande do Sul. Santa Maria, UFSM, 1976. 92p. (Dissertação de Mestrado)
- NESMITH, D.S. & RITCHIE, J.T. Short- and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agron. J.*, Madison, 84:107-113, 1992.
- RUST, R.H. & ODELL, R.T. Methods used in evaluating the productivity of some Illinois soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 21:171-175, 1957.
- SAS, Institute Inc. SAS Procedures Guide, Version 6. 3.ed. Cary, NC, SAS Institute Inc., 1990. 705p.
- SWAN, J.B.; SHAFFER, M.J.; PAULSON, W.H. & PETERSON, A.E. Simulating the effects of soil depth and climatic factors on corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 51:1025-1032, 1987.