

COMISSÃO I — FÍSICA DO SOLO

EFEITO DA DRENAGEM DO SOLO NO NÚMERO DE DIAS DISPONÍVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE CULTURAS DE VERÃO (1)

J.C. TAYLOR (2), C.C.L. MATTOS (3) & L.F.S. BELTRAME (4)

RESUMO

O preparo do solo em condições não propícias de umidade prejudica a estrutura e causa compactação, que aumenta o período de encharcamento dos solos planos, reduzindo o tempo disponível para seu preparo.

Com o objetivo de avaliar o efeito da drenagem no número de dias disponíveis com condições ideais de umidade para preparo do solo visando à implantação das culturas de soja e milho, foi conduzido um experimento em parcelas com solo preparado e não preparado, distribuídas em áreas drenada e não drenada de um Planossolo da unidade de mapeamento Vacacaí, típico das várzeas arrozeiras do Rio Grande do Sul.

Foram estabelecidos critérios para contagem do número de dias disponíveis baseados em correlação entre umidade e resistência à penetração do solo e observações visuais das condições de trabalho oferecidas pelo solo. O limite de plasticidade foi utilizado como um critério alternativo. Durante o período 24/07 a 18/12 de 1979, o número de dias disponíveis na área drenada determinado pelo critério grau de umidade, foi 61 a 46 nas parcelas não preparadas e preparadas respectivamente. Na área não drenada, esses valores foram reduzidos para 35 e 23 dias. Os resultados obtidos permitem concluir que a drenagem é fator preponderante no aumento do número de dias disponíveis para efetuar o preparo do solo em tempo hábil, permitindo a semeadura da soja e milho nas épocas recomendadas.

SUMMARY: EFFECTS OF SOIL DRAINAGE ON THE NUMBER OF DAYS AVAILABLE FOR PLANTING OF SUMMER CROPS

Soil tillage under unsuitable moisture conditions is detrimental to structure and causes compaction. This increases waterlogging time in Planosol and thus reduces the time available for tillage.

A field experiment with tilled and untilled plots in drained and undrained areas was carried out in a Planosol of the Vacacaí mapping unit, typical of the rice growing flood plains of Rio Grande do Sul, with the purpose of evaluating the effect of drainage on the number of days available for planting soybeans and maize under suitable moisture conditions.

Criteria for counting the number of suitable days were established, based on correlation between soil moisture content and penetration resistance and visual assessment of the soil workability. The lower limit of plasticity was used as an alternative criterium. In the drained area, during the period from 24/07 to 18/12 of 1979 there were 61 and 46 days suitable for field work in the untilled and tilled plots respectively. In the undrained area the equivalent available time was less, being 35 and 23 days respectively.

The results showed that good drainage is the most important factor in increasing the number of work days suitable to till the soil at the right times for sowing soybeans and maize.

(1) Parte do do trabalho de Dissertação do segundo autor, para obtenção do título de Mestre em Hidrologia Aplicada, com recursos financeiros da FAPERGS e FINEP. Recebido para publicação em agosto de 1980 e aprovado em outubro de 1981.

(2) Eng.º Agr.º Perito do Projeto Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento/UNESCO/BRA/75/007. 90.000 - Porto Alegre (RS)

(3) Auxiliar de Ensino do Instituto de Florestas da UFRJ, Rio de Janeiro (RJ).

(4) Pesquisador do Setor de Irrigação e Drenagem, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS, Porto Alegre (RS).

INTRODUÇÃO

O conhecimento do número de dias disponíveis para realizar o preparo do solo visando à implantação de culturas de verão, é fator decisivo para estabelecer um programa de mecanização. Reeve & Fausey (1974) estabeleceram que o número de dias disponíveis para o preparo do solo depende do tipo de solo, do clima e da eficiência de drenagem. O dia considerado útil para preparo é aquele em que o solo apresenta resistência suficiente para suportar o tráfego e ao mesmo tempo ser trabalhado, sem sofrer compactação e prejuízos na sua estrutura. Segundo Godwin & Spoor (1977), os principais fatores que determinam as condições ideais para determinado solo ser trabalhado são: umidade, densidade e estrutura do solo. Como regra geral o limite inferior de plasticidade define a umidade máxima com a qual o solo pode ser trabalhado.

O tempo disponível para preparo do solo é aumentado consideravelmente pela drenagem. Solos bem drenados atingem o valor de umidade correspondente à capacidade de campo em menor tempo e se este valor estiver abaixo do limite inferior de plasticidade, eles podem ser trabalhados imediatamente; caso contrário, é necessário esperar que a umidade do solo atinja o valor correspondente ao limite inferior de plasticidade através da evaporação superficial.

Ali (1977) aponta as dificuldades encontradas em estabelecer critérios baseados na umidade e que, ao mesmo tempo, incluam os efeitos da densidade e estrutura na resistência à penetração do solo que determinem o tempo disponível para realizar seu preparo. A relação entre umidade e resistência à penetração, avaliada com o penetrômetro de cone, foi utilizada por esse autor como um critério para estimar as mudanças na resistência do solo em função da umidade e esta, relacionada com a possibilidade de tráfego dos tratores e implementos agrícolas. Estudos anteriores, realizados por Link, citado por Frisby e Bockchop (1968), evidenciam que é possível determinar se o solo pode ou não ser trabalhado através de observações visuais de sua superfície. Posteriormente, Armstrong (1977) estabeleceu uma escala subjetiva que possibilita avaliar o número de dias úteis para o preparo do solo.

Para cada região climática e grupo de maturação das culturas, existe um período preferencial de semeadura para maximizar a produtividade. Segundo Barni et alii (1978), a época preferencial para semeadura das variedades de soja de ciclo precoce e médio na Depressão Central do Rio Grande do Sul é de 1.º a 30 de novembro. Sutili et alii (1977) recomendam o período compreendido entre 15 de setembro e 10 de dezembro para efetuar o plantio de milho na mesma região. O plantio dessas culturas dentro do período preferencial está limitado pelo tempo disponível para realizar o preparo do solo em condições propícias de umidade, devido aos elevados índices pluviométricos ocorridos no inverno e na primavera e à má drenagem de alguns solos desta região.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de estabelecer o tempo disponível para realizar o preparo do solo em função da drenagem visando à implantação da soja e milho em Planossolo da unidade de mapeamento Vacacaí, que alcança um total de 16.340km² (Brasil, 1973). Para atingir esse objetivo, também foram estabelecidos critérios para a contagem do número de dias considerados disponíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um Planossolo da unidade Vacacaí (Brasil, 1973) localizado na Estação Experimental do Arroz, em Cachoeirinha (RS). A análise granulométrica realizada pelo método do densímetro (Forsythe, 1975) para a profundidade de 0-30cm indicou valores de 12% argila, 39% silte e 49% areia. No campo experimental, foram escolhidas duas áreas, uma num campo piloto de drenagem subsuperficial com espaçamento de 4,5m entre drenos e, outra, numa área não drenada. Em cada uma dessas áreas foram instaladas seis parcelas de 2 x 2m. Dessas, três foram revolvidas e destorroadas até uma profundidade de 30cm com pá de corte e enxada, simulando os efeitos da aração e gradeação: com isso, objetivou-se criar as mesmas condições proporcionadas por trabalhos de preparo do solo realizados com grande antecedência à semeadura. As outras três parcelas não receberam tratamento. Todas as parcelas foram mantidas sem cobertura vegetal.

No centro de cada parcela, foi instalado um tubo PVC com 5cm de diâmetro para possibilitar o acesso às determinações de umidade. Essas determinações foram feitas em três profundidades: 10, 20 e 30cm, com uma sonda de nêutrons da Dicot Instrument CO, utilizando curva de calibração específica para esse solo e metodologia descrita por Beltrame & Taylor (1980). Para não subestimar as determinações de umidade próximas da superfície, conforme enfatizam os mesmos autores, foram utilizados dois anéis metálicos, em cada área, com 50cm de diâmetro por 20cm de altura, tendo a base perfurada e cheios de solo representativo de cada tratamento. No momento das leituras de umidade, estes eram colocados em volta dos tubos de PVC. O solo usado para preenchimento dos anéis foi retirado do seu local de origem em uma única fatia (torta), sendo, portanto, mantida a sua densidade. Por essa razão e por serem os furos, na base dos anéis, de reduzido diâmetro, não houve perda de solo. Quando não estavam em uso, os anéis permaneciam acondicionados nos buracos de mesmo diâmetro de onde foi retirado o solo para seu preenchimento, mantendo, dessa forma, praticamente, a mesma umidade do solo ao seu redor, apesar de não ocorrer o fluxo lateral.

Uma escala subjetiva descrita no quadro 1 e semelhante à usada por Armstrong (1977), foi estabelecida para avaliar a condição de umidade da superfície do solo. Com o auxílio dessa escala e através de observações visuais, foram atribuídos graus de umidade para as diferentes parcelas.

A resistência à penetração do solo foi medida com o auxílio de um penetrômetro de cone usando a metodologia descrita em A.S.A.E. (1977). Três leituras de resistência foram tomadas nas profundidades de 0-10cm e 10-30cm em cada parcela. As observações visuais, medidas de umidade e resistência à penetração foram feitas duas vezes por semana durante 148 dias, no período compreendido entre 24/07 e 18/12/79.

O limite de plasticidade das áreas drenada e não drenada foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Lambe (1951) e a densidade do solo, para profundidade de 0-10cm nas parcelas que não receberam tratamento, foi determinada pelo método do anel volumétrico (Forsythe, 1975).

Os elementos agroclimáticos usados foram a evapotranspiração potencial (ETP), calculada pelo método de Penman, e a precipitação diária. Os elementos necessários para o cálculo da ETP foram fornecidos por uma estação meteorológica de Dicot Instrument CO. Algumas falhas ocorridas no período de observação foram preenchidas por correlação com o pluviógrafo e tanque classé A, respec-

tivamente, para precipitação e evapotranspiração potencial. Foram usados dois critérios para estabelecer o número de dias disponíveis para trabalhar o solo. O primeiro baseou-se em correlação entre umidade (observações visuais das condições da superfície do solo) e resistência à penetração do solo. O segundo, na umidade volumétrica, correspondente ao limite inferior de plasticidade. Com o auxílio das figuras 2B e 2C, foram contados os dias cuja umidade volumétrica do solo era inferior aos valores das linhas consideradas como limites e representativas dos critérios adotados. A umidade correspondente aos dias em que não foram feitas medidas, foi estimada por interpolação entre dois pontos com medidas, levando em conta a ocorrência de precipitação e descontando os dias em que a precipitação ocorrida foi superior à evapotranspiração potencial calculada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Critério Grau de Umidade

A resistência à penetração é representativa de uma camada finita de solo onde podem ocorrer variações sensíveis de ponto a ponto nas determinações que induzem a erros quando se tenta uma relação entre observações visuais da superfície e resistência à penetração. Esses erros podem ocorrer no secamento e umedecimento do solo. Algumas vezes, na fase de secamento ocorreu a formação de uma crosta na superfície, permanecendo o solo abaixo úmido. Isso levou a atribuir um elevado grau de umidade pela observação visual da superfície, para um baixo valor de resistência à penetração. Também na fase de umedecimento, ou seja, quando a superfície estava aparentemente úmida e o solo abaixo se encontrava relativamente seco, as observações visuais conduziram a um baixo grau de umidade para um elevado valor de resistência à penetração. Em função disso, os valores médios da resistência à penetração foram tomados como sendo os mais representativos para cada grau de umidade (quadro 1).

Supondo que a drenagem, a curto prazo, só tem efeito sobre a umidade, não provocando alterações sensíveis na estrutura e densidade do solo, foram agrupados em solo preparado e não preparado os valores de resistência à penetração, correspondentes aos diversos graus de umidade das áreas drenada e não drenada. Com base na afirmação feita por Armstrong (1977) de

que o solo pode ser trabalhado quando o grau de umidade for igual ou maior do que 5 e pelas razões discutidas acima, foram adotados como valores inferiores e limitantes de resistência à penetração para trabalhar o solo, aqueles correspondentes ao grau de umidade 5 (quadro 1).

Pela análise das figuras 1A e 1B, verifica-se que os valores mais elevados de resistência foram conseguidos no terço final das observações em decorrência da aproximação do verão. O paralelismo mostrado pelas curvas 1 e 2 da figura 1A indica que a diferença devida aos tratamentos foi mantida ao longo do período de observação e que a convergência das curvas 1 e 2 da figura 1B, para os valores mais altos de resistência à penetração, evidenciam a perda mais rápida do efeito do tratamento de preparo como resultado do encharcamento do solo.

A curva 1 da figura 1A é a que tem o menor coeficiente de determinação, devido à maior dispersão dos pontos, que poderia ser atribuída à falta de homogeneidade do solo, induzida pelo tratamento de preparo. Essa situação não se repetiu na área não drenada (curva 1 da figura 1B), devido à perda do efeito do tratamento de preparo do solo. A maior amplitude nos valores de resistência à penetração, mostrados pelas parcelas que receberam tratamento, é atribuída aos maiores valores de umidade ocorridos nessas parcelas.

Utilizando as equações da figura 1 e os valores médios de resistência à penetração, correspondentes ao grau de umidade 5 (quadro 1), obtêm-se os seguintes valores de umidade volumétrica: 25,2%, 22,4%, 27,1% e 27,0% respectivamente para a área drenada sem e com preparo do solo e para a área não drenada sem e com preparo do solo, que representa um dos critérios adotados para a contagem do número de dias em que o solo pode ser trabalhado, sem sofrer prejuízos na sua estrutura (figuras 2B e 2C).

O número de dias mostrado no quadro 2, estabelecidos pelo critério grau de umidade, permite avaliar o efeito da drenagem. Em termos relativos, a drenagem permitiu aumentar 100% e 80%, respectivamente, nas parcelas com e sem tratamento, o tempo disponível para trabalhar o solo. Isso significa que o dobro da área pode ser trabalhada com o mesmo equipamento

Quadro 1. Valores de resistência à penetração do solo, na profundidade de 0-10cm, correspondentes aos diferentes graus de umidade

Tratamento	Grau de umidade ⁽¹⁾						
	1	2	3	4	5	6	7
	t/m^2						
Solo preparado	...	8,7 ± 4,6 ⁽²⁾	21,4 ± 21,4	28,2 ± 17,0	63,3 ± 31,5	167,2 ± 138,2	...
Solo não preparado	69,9 ± 31,0	78,8 ± 41,6	114,4 ± 48,3	315,2 ± 163,1	...

(1) Condição do solo de acordo com o grau de umidade: 1: muito mole (água na superfície); 2: grudento; 3: grudento em parte; 4: úmido e mole; 5: úmido e firme; 6: seco na superfície e 7: duro (Armstrong, 1977).

(2) Valores médios ± desvio padrão.

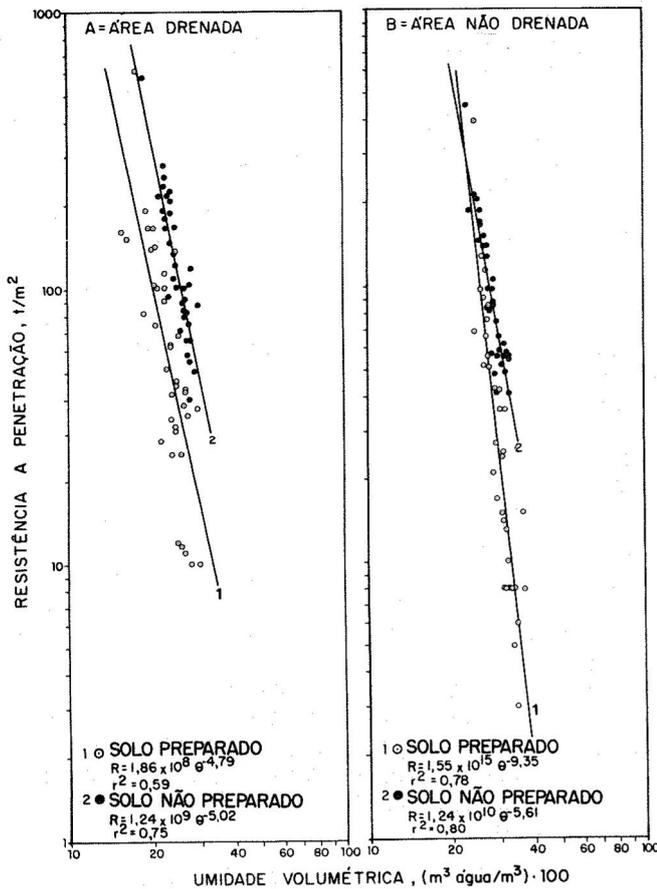


Figura 1. Relação resistência à penetração versus umidade do solo Vacacaí: (A) área drenada; (B) área não drenada

Esses resultados são semelhantes aos citados por Reeve e Fausey (1974).

De modo geral, pela confrontação dos valores de precipitação ocorrida e normal com o número de dias para trabalhar o solo, mostrados no quadro 2, pode-se afirmar que em setembro e outubro o número de dias supera o valor normal esperado e que em novembro e dezembro esse número foi menor, devido ao menor e

maior número de dias de precipitação. O aumento verificado em setembro e outubro possibilita o início dos trabalhos mais cedo.

As parcelas que receberam tratamento sofreram uma redução de 25% e 34%, respectivamente, nas áreas drenada e não drenada, no tempo disponível para trabalhar o solo. Essa redução é atribuída à perda de resistência do solo, pelo tratamento de preparo realizado.

A drenagem, aplicada nas parcelas que receberam tratamento e obedecendo à época preferencial para semeadura da soja e do milho, proporcionou aumentos entre 100 e 125% no tempo disponível para realizar o preparo do solo. No caso das parcelas que não receberam tratamento os aumentos estiveram entre 60 e 75% (quadro 3).

Critério Limite de Plasticidade

O limite de plasticidade foi utilizado com um critério alternativo para estabelecer o número de dias úteis para trabalhar o solo. Esse critério só foi adotado nas parcelas que não receberam o tratamento de preparo e os valores de umidade volumétrica correspondentes ao limite de plasticidade das áreas drenada e não drenada são 22,4% e 31,6% respectivamente (quadro 2). É válido supor que o teor da matéria orgânica seja o responsável pela diferença entre os limites de plasticidade das áreas, pois, enquanto a área drenada sofre sucessivos cultivos a não drenada permanece em pousio. A sucessão de cultivo na área drenada é também provavelmente a razão de sua menor densidade.

Os resultados obtidos com a aplicação do critério limite de plasticidade evidenciam que ele não pode ser considerado, pois indicou um número excessivamente alto de dias disponíveis para trabalhar o solo na área não drenada e um pequeno número para a área drenada, o que indica um efeito negativo na drenagem (quadro 2). Entretanto, durante o experimento, foi observado que, enquanto na área drenada o solo secava rapidamente após a chuva, na não drenada ele permanecia encharcado até cinco dias depois da mesma chuva.

Quadro 2. Valores de precipitação mensal ocorrida, normal e número de dias propícios para trabalhar o solo

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Precipitação mensal (mm)							
Ocorrida	107,5	130,5	78,0	62,0	120,3	165,4	663,7
Normal	123,0	134,0	123,0	101,0	92,0	92,0	665,7
Número de dias de precipitação							
Ocorridos	8	11	6	7	9	11	52
Normal	10	12	11	11	9	9	62
Número de dias propícios para trabalhar o solo em área drenada							
Solo preparado	0 ⁽¹⁾ ... ⁽²⁾	0 ...	8 ...	15 ...	16 ...	7 ...	46 ...
Solo não preparado	0	0	13	18	19	11	61
Número de dias propícios para trabalhar o solo em área não drenada							
Solo preparado	0	...	1 ...	5 ...	13 ...	4 ...	23 ...
Solo não preparado	0	5	9	25	23	12	99

(1) Contagem pelo critério grau de umidade. (2) Contagem pelo critério limite de plasticidade.

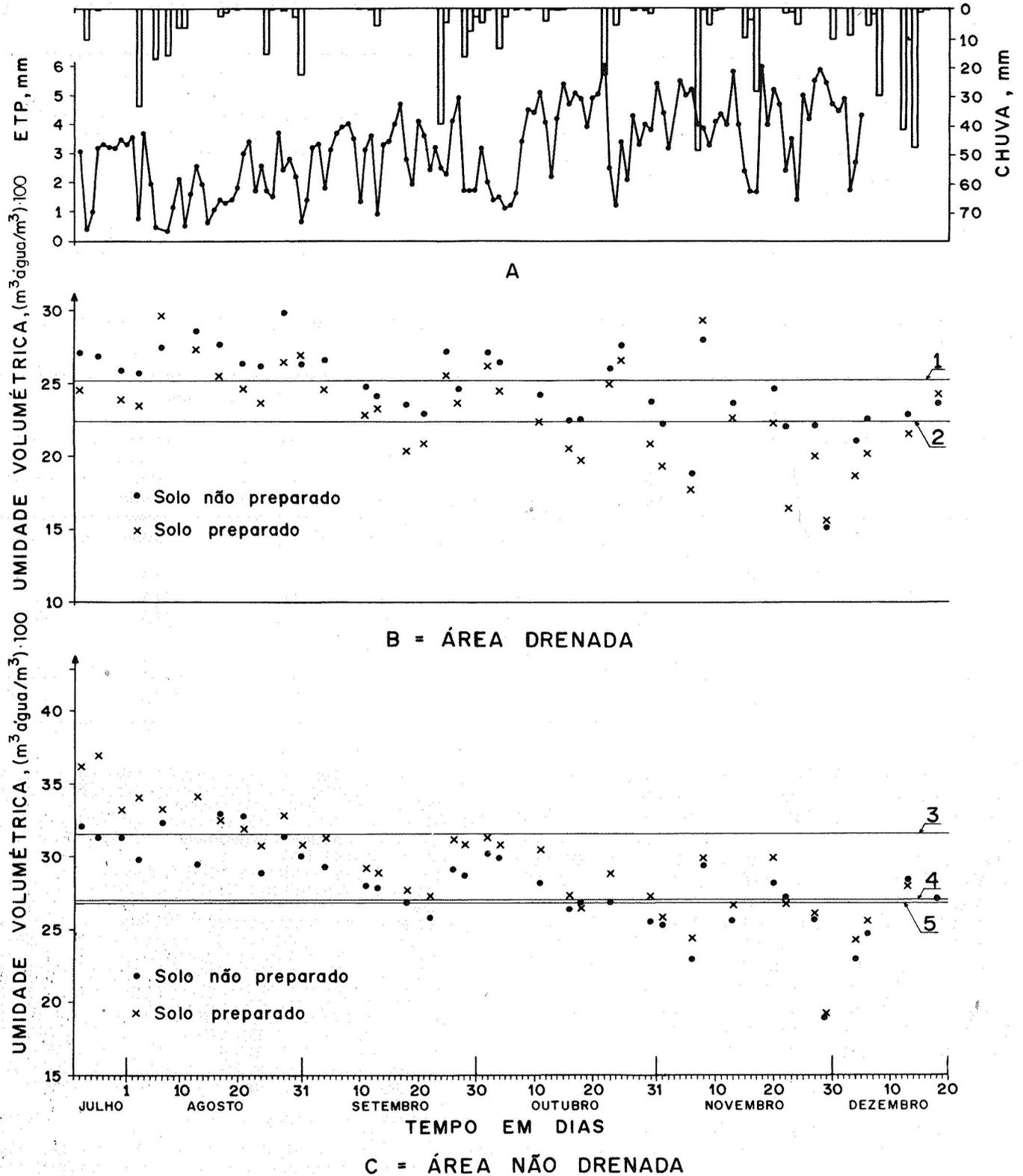


Figura 2. (A) Evapotranspiração potencial e precipitação diária durante o período de observação 24/07 a 18/12/ 1979; (B) umidade volumétrica em parcelas com e sem preparo do solo na área drenada e não drenada com os valores limitantes para trabalho de campo; (C) umidade volumétrica em parcelas com e sem preparo do solo na área não drenada com os valores limitantes para trabalho no campo.

Quadro 3. Número de dias disponíveis, pelo critério grau de umidade, na primavera de 1979, para implantação da soja e do milho na época preferencial

Culturas	Épocas	Área drenada		Área não drenada	
		Com preparo do solo	Sem preparo do solo	Com preparo do solo	Sem preparo do solo
Soja	Precoce/Semiprecoce	34	45	15	27
Soja	Média	39	50	19	31
Milho	Tardia/Semitardia	46	61	23	35
Milho	Precoce/Tardia	33	41	15	26

Quadro 4. Valores de resistência equivalentes às umidades situadas próximo às linhas limites, numeradas de 1 a 5 na Figura 2

Linhas limites	Área drenada				Área não drenada			
	Grau de umidade		Limite de plasticidade		Grau de umidade		Limite de plasticidade	
	Umidade volumétrica	Resistência à penetração						
	(m ³ água)/m ³ .100	t/m ²	(m ³ água)/m ³ .100	t/m ²	(m ³ água)/m ³ .100	t/m ²	(m ³ água)/m ³ .100	t/m ²
1	24,9	102	22,5	180	26,9	84	31,3	62
2	24,7	121	22,6	167	26,9	152	31,3	56
3	—	—	22,4	238	27,0	142	31,5	49
4	—	—	22,1	192	27,3	98	—	—
5	—	—	22,3	279	-	—	—	-
Média	24,8	111	22,4	211	27,0	119	31,4	56

No quadro 4 são apresentados os dados de resistência equivalentes às umidades situadas próximo às linhas limites de cada critério. Com base nesses dados, pode-se verificar a inconstância do limite de plasticidade, tomado isoladamente, como critério para avaliar o número de dias, pois este não leva em consideração a resistência e a estrutura do solo. Os valores de resistência relativos ao critério grau de umidade mostram uma boa regularidade para as áreas drenadas, e não drenadas sem tratamento, pois os valores se situam próximos do valor médio de resistência usado na obtenção da umidade limite para trabalhar o solo.

CONCLUSÕES

A drenagem proporciona aumentos entre 80 e 100% no tempo disponível para preparo do solo.

Nas condições em que foi realizado o experimento, o limite de plasticidade não pode ser utilizado como critério para contagem de tempo disponível para realizar os trabalhos de preparo do solo.

LITERATURA CITADA

ALI, M.A.M. The use of meteorological data to estimate tractor working day probabilities on ploughed land in

the spring. Tese de Doutorado. Biblioteca do Nacional College of Agricultural Engineering, Silsoe, Bedford, Inglaterra, 1977. 316p. Não publicada.

ARMSTRONG, A.C. Field drainage and work days: results from a national experiment. *The Agricultural Engineer*, 32(4):93, 1977.

A.S.A.E. Recommendation ASAE 313.1 Soil cone penetrometer. *Agricultural Engineers Year Book*, 1977. p. 347-8.

BARNI, N.A.; BERGAMASCHI, H.; GOMES, J.E.S. Época de semeadura e cultivares de soja para o Rio Grande do Sul. *IPAGRO Informa* n.º 21, 1978. p.67-70.

BELTRAME, L.F.S. & TAYLOR, J.C. Uso da sonda de nêutrons para determinação da umidade do solo no campo. *R. bras. Ci. Solo*, 4:57-61, 1980.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA. Levantamento de reconhecimentos dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)

FORSYTHE, W. Física de Suelos. Costa Rica, IICA, 1975. 212 p.

FRISBY, J.C. & BOCKHOP, C.W. Weather and economics determine corn production machinery systems. *Amer. Soc. Agr. Eng., Trans.* 11:64, 1968.

GODWIN, R.J. & SPOOR, G. Soil factors influencing work days. *The Agricultural Engineer*, 32(4):87-90, 1977.

LAMBE, T.W. Soil testing for engineers. New York, John Wiley, 1951. p.22-28.

REEVE, R.C. & FAUSEY, N.R. Drainage and timeliness of farming operations. In: Van Schilfgaarde, J., ed. *Drainage for Agriculture*. *Agronomy* n.º 17. American Society of Agronomy, 1974. p.55-60.

SUTILI, V.R.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Épocas de semeadura de milho para o Rio Grande do Sul. *IPAGRO Informa* n.º 17, 1977. p. 27-36.