

## USO CONSUNTIVO DA ÁGUA PELA SOJA SOB CONDIÇÕES EXTREMAMENTE SECAS (1)

J.C. TAYLOR (1) & L. BELTRAME (2)

### RESUMO

Em um campo piloto de drenagem com, aproximadamente, 1,1 hectare, estabelecido num solo da unidade de mapeamento Vacacaí (Planosol), foi avaliado o uso da água do solo pela cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) variedade Davis, em condições extremamente secas. O conteúdo de umidade do solo foi medido semanalmente com uma sonda de nêutrons da Didcot Instruments, em três tratamentos de drenagem, divididos em parcelas subsoladas e não subsoladas, resultando em dezoito perfis com quatro profundidades de medida: 250; 450; 750 e 950mm.

Nenhum dos tratamentos mostrou diferença significativa, pelo fato de o lençol freático ter permanecido abaixo dos drenos durante todo o período de cultivo. As diferenças entre os blocos foi a causa da maior variação no rendimento.

Os rendimentos dos blocos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 1.700, 1.850 e 2.000kg/ha. As diferenças constatadas devem-se, principalmente, às diferentes lâminas de água consumida pelas plantas, respectivamente 145, 178 e 203 mm para os blocos 1, 2 e 3. As lâminas de água consumida pela cultura nos diferentes blocos foram inferiores à evapotranspiração potencial (516mm) para o mesmo período, indicando a época excepcionalmente seca no decorrer do ano agrícola 1978-79, e influenciando diretamente na desuniformidade e baixo rendimento da cultura.

### SUMMARY: CONSUMPTIVE USE OF WATER BY SOYBEANS UNDER CONDITIONS OF EXTREME DROUGHT

*The soil water used by soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill), variety Davis, was measured in a field drainage study during conditions of extreme drought. The experimental field of approximately 1.1ha was located in a soil of mapping unit Vacacaí (Planosol). There were three levels of drainage treatments replicated as main plots in three randomised complete blocks. The subsoiling treatment was applied to half of each main plot randomly selected to form a split-plot design with a total of 18 sub-plots.*

*The soil moisture content was measured weekly using the neutron scattering technique, at depths of 250, 450, 750 and 950mm at one location in each sub-plot.*

*The analysis of variance of the crop yields indicated that none of the treatment effects were significant which is explained by the fact that the water table stayed below the level of the drains for the entire crop cycle. The block effects though also not significant, were the largest contributor to yield variation. The block-average yields were 1700, 1850 and 2000kg/ha in blocks 1, 2 and 3, respectively. The block yield differences were explained by the differences in the total quantities of water extracted from the soil by the plants in each block. The cumulative depths of water extracted were respectively 145, 178 and 203mm for blocks 1, 2 and 3, being much lower than the potential evapotranspiration (516mm) for the same period. This was attributed to the exceptional dry growing season of 1978/1979 and was the cause of relatively low yield and variability of the crop development.*

### INTRODUÇÃO

Uma relação de trabalhos sobre o uso da água pelas culturas é fornecida por Jensen (1973). A avaliação desse uso envolve a realização de balanços hídricos, onde o uso consuntivo determinado pela evapotranspiração real é calculado pelas mudanças no armazenamento de água do solo e, as diferenças, computadas pela entrada e saída de outros componentes.

Dependendo dos objetivos do estudo e das condições físicas, suposições simplificadas muitas vezes podem ser adotadas, sobre os componentes do balanço hídrico. As suposições feitas sobre as mudanças no armazenamento de água do solo têm particular interesse neste trabalho.

Em estudos que buscam avaliar o uso da água por uma cultura, sob condições em que o estresse de umidade é igual a zero e o conteúdo de água do solo pode ser artificialmente controlado através da irrigação, permanecendo praticamente constante, podem-se supor negligenciáveis as trocas no armazenamento de água do solo. Ao contrário deste, quando se avalia o uso da água em condições naturais de campo, as mudanças no armazenamento de água no solo tornam-se o parâmetro mais importante e, por isso, devem ser avaliadas.

Os trabalhos que necessitam avaliar as variações no armazenamento de água do solo tornam-se muito onerosos, porque envolvem ou lisímetros de pesagem para medir esse parâmetro ou determinações gravimétricas que se tor-

(1) Parte da pesquisa financiada pela FINEP - Setor de Irrigação e Drenagem - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS. Recebido para publicação em julho e aprovado em dezembro de 1979.

(2) Consultor do PNUD/UNESCO/PROJETO BRA-75-007.

(3) Pesquisador do Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS.

**Quadro 1. Propriedades físico-hídricas do solo Vacacaí**

| Profundidade | Granulometria <sup>(1)</sup> |       |        | Densidade do solo    | Porosidade | Condutividade hidráulica <sup>(2)</sup> | Umidade volumétrica <sup>(3)</sup> (atm) |       |       |
|--------------|------------------------------|-------|--------|----------------------|------------|---|--|-------|-------|
|              | Areia                        | Silte | Argila |                      |            |   | 0,3                                      | 3     | 15    |
| (mm)         | %                            |       |        | (kg/m <sup>3</sup> ) | (%)        | (m/dia)                                 | (m <sup>3</sup> água)m <sup>-3</sup>     |       |       |
| 0-125        | 53                           | 37    | 10     | 1.600                | 37         | —                                       | —  | —     | —     |
| 125-250      | 51                           | 36    | 13     | 1.700                | 36         | 0,25                                    | 0,267                                    | 0,194 | 0,191 |
| 250-950      | 49                           | 37    | 14     | 1.700                | 36         | —                                       | 0,247                                    | —     | 0,175 |

(1) Método descrito por Bouyoucos (1951); (2) Método descrito por Van Beers (1970); (3) Método descrito por Forsythe (1975) em amostras de solo com estrutura indeformada.

nam muito trabalhosas e destroem o local do experimento.

O uso da técnica da sonda de nêutrons propicia rapidez e segurança e não destrói o local do experimento, para avaliar as variações de umidade do solo, com aplicação em balanços hídricos de curto espaço de tempo, como é mostrado no trabalho de Calder (1976).

O objetivo principal deste trabalho foi determinar o uso consuntivo da água pela soja durante um período extremamente seco e, para atingi-lo foram usados dados obtidos com a sonda de nêutrons, de um experimento de drenagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Descrição do experimento e dados coletados

Um experimento de campo foi implantado com o objetivo de avaliar o efeito de tratamentos de drenagem e subsolagem sobre o rendimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em um solo da unidade de mapeamento Vacacaí (Planosol) (Brasil, 1973), localizado na Estação Experimental Agrícola do Instituto Riograndense do Arroz em Cachoeirinha (RS). O quadro 1 fornece algumas características físico-hídricas desse solo. O delineamento experimental consistiu em três tratamentos de drenagem subterrânea espaçados de 30, 18 e 4m, repetidos ao acaso em três blocos. Cada parcela foi subdividida em duas partes e, uma dessas, escolhida ao acaso, foi subsolada.

O tratamento de subsolagem foi realizado a uma profundidade de 450mm e espaçamento de 500mm. Logo após, toda a área envolvida no experimento, aproximadamente 1,1ha, foi lavrada e discada. Todos os tratos culturais foram realizados da mesma maneira que em uma área de lavoura.

A soja foi plantada com espaçamento de 500mm, a 15 de dezembro, com uma densidade de semeadura de 70kg/ha, e fertilizada segundo análise do laboratório de solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Tubos de acesso, de PVC-Brasilit com 50mm de diâmetro, foram instalados nas dezoito subparcelas. A umidade volumétrica do solo foi determinada semanalmente às profundidades de 250, 450, 750 e 950mm, com a sonda de nêutrons, utilizando a metodologia e curva de calibração descrita por Beltrame & Taylor (1979).

Junto a cada tubo de acesso, foi instalado um piezômetro a 1m de profundidade, sendo as medidas de altura do lençol freático feitas semanalmente.

As precipitações diárias foram obtidas da estação climatológica do IPAGRO, instalada a 500m do local do experimento. Os valores de evapotranspiração potencial diária foram calculados pelo método de Penman, usando dados da Estação Meteorológica Automática de Wallingford, descrita por Clarke (1978) e localizada no 8.º DISME - Porto Alegre, distante 15km do local do experimento. Sendo os valores de radiação líquida medidos diretamente pela Estação Automática, a evapotranspiração potencial foi calculada

da usando a forma mais precisa da equação de Penman, dada abaixo:

$$E = (\Delta R_n + \gamma E_a) / (\Delta + \gamma) \quad (1)$$

onde:

$\Delta$  = declividade da curva de pressão de saturação de vapor em mb °C<sup>-1</sup>;

$R_n$  = radiação líquida; mm H<sub>2</sub>O/dia;

$\gamma$  = constante psicrométrica em mb °C<sup>-1</sup>;

O termo aerodinâmico  $E_a$  é dado por:

$$E_a = 0,35 (0,5 + 5U/800) (e_o - e_d) \quad (2)$$

onde:

$U$  = velocidade do vento em km/dia a 2m de altura;

$e_o$  = pressão de vapor de saturação à temperatura do ar em mb;

$e_d$  = pressão de vapor do ar em mb.

A produção da cultura foi avaliada através de oito subamostras retiradas de locais escolhidos ao acaso de cada subparcela. Cada subamostra consistiu nas plantas colhidas de 1m de uma fila. Foi avaliado o número de plantas/metro, número de vagens/planta, peso de grãos/planta e rendimento em quilograma/hectare.

### 2. Cálculo do balanço hídrico

A equação do balanço hídrico, utilizada para avaliar a evapotranspiração, é a seguinte:

$$E = PE + \Delta S \pm D \quad (3)$$

onde:

$E$  = evapotranspiração real em mm;

$PE$  = precipitação efetiva em mm;

$\Delta S$  = mudança da umidade do solo em mm;

$D$  = drenagem (-) ou ascensão capilar (+) em mm.

Freitas (1978) estimou em 1,5m de profundidade a presença de uma camada impermeável no solo. No entanto, pelas características do horizonte B2g, Brasil, (1973) indica que a camada impermeável tem início a 0,7m. Como as medidas de umidade do solo foram feitas para profundidades até 950mm, considerou-se o termo  $D$  igual a zero para o balanço de água.

Entende-se por precipitação efetiva aquela que irá recarregar o armazenamento de água do solo. A diferença entre a precipitação caída sobre o topo da cultura e a precipitação efetiva chamamos interceptação. Valores médios de interceptação, expressos em porcentagem de precipitação total, para a cultura da soja, como os relatados por Ward (1967), não podem ser considerados suficientemente precisos para cálculo de precipitação efetiva neste estudo, pois não incluem as variações que ocorrem durante o ciclo da cultura.

O problema de avaliação de precipitação efetiva foi superado pela interpolação dos dados de umidade do solo com os dados de precipitação, modificando o procedimento desenvolvido por Gear; Dransfield & Campbell (1977), para calendários de irrigação. Segundo os mesmos autores, a taxa de depleção é linear, quando não ocorre chuva entre medidas sucessivas de umidade do solo.

A umidade do solo antes do início de uma precipitação pode ser estimada pela extrapolação dos registros anteriores. Da mesma maneira, a umidade do solo, logo depois de uma precipitação, pode ser estimada pela extrapolação dos registros posteriores. Usando os valores de umidade do solo estimados e avaliados, foi calculada a lâmina de água retirada do solo ou evapotranspiração real da cultura.

## RESULTADOS

### 1. Severidade da seca

A severidade da seca, ocorrida na época de desenvolvimento das culturas de verão 1978-1979, pode ser avaliada pelo período de retorno estimado, usando registros de precipitação mensal de dezembro, janeiro, fevereiro e março de 1928-1979, disponíveis no 8.º DISME.

A precipitação ocorrida em janeiro, 13,2mm, foi a menor de uma série de 52 anos. Em fevereiro, o valor da precipitação foi igual a 55mm, caracterizando-se como um evento raro, tendo ocorrido somente sete vezes para o mesmo período de observações. A combinação dos valores de precipitação de janeiro e fevereiro aponta o mais baixo índice pluviométrico para a série estudada. Pelas constatações realizadas, pode-se afirmar que o período de retorno da seca ocorrida entre dezembro e março é maior do que 52 anos.

### 2. Rendimento da soja

A análise de variância demonstrou não haver diferença significativa entre os tratamentos de drenagem e subsolagem sobre o rendimento da soja, o que se deve, provavelmente, ao fato de o lençol freático ter permanecido abaixo dos drenos durante todo o ciclo da soja. A contribuição maior na variância é atribuída aos blocos.

Os rendimentos obtidos por subparcela apresentaram grande variabilidade, sendo de 30% o coeficiente de variação. Os valores médios dos componentes de produção, rendimento e consumo de água por bloco, são apresentados no quadro 2.

### 3. Uso da água pela soja

A lâmina de água armazenada no perfil do solo, no momento das observações, foi avaliada utilizando os dados obtidos com a sonda de nêutrons da maneira descrita por Beltrame & Taylor (1979). O uso da água foi calculado com base em valores médios espaciais obtidos em cada bloco. Esse procedimento foi adotado para evitar efeitos não perceptíveis dos tratamentos de drenagem e subsolagem e verificar se as diferenças em rendimento, ocorrida entre os blocos, eram resultado do melhor aproveitamento da água pela cultura. A figura 1 mostra as lâminas de água armazenadas no perfil do solo para cada bloco e os valores de precipitação ocorridos durante o ciclo da cultura.

A extração cumulativa de água, que neste caso é uma estimativa do uso consuntivo, em cada um dos três blocos, foi calculada conforme descrito em material e métodos, usando dados da figura 1 e apresentada na figura 2, que também mostra a evapotranspiração potencial acumulada para o mesmo período.

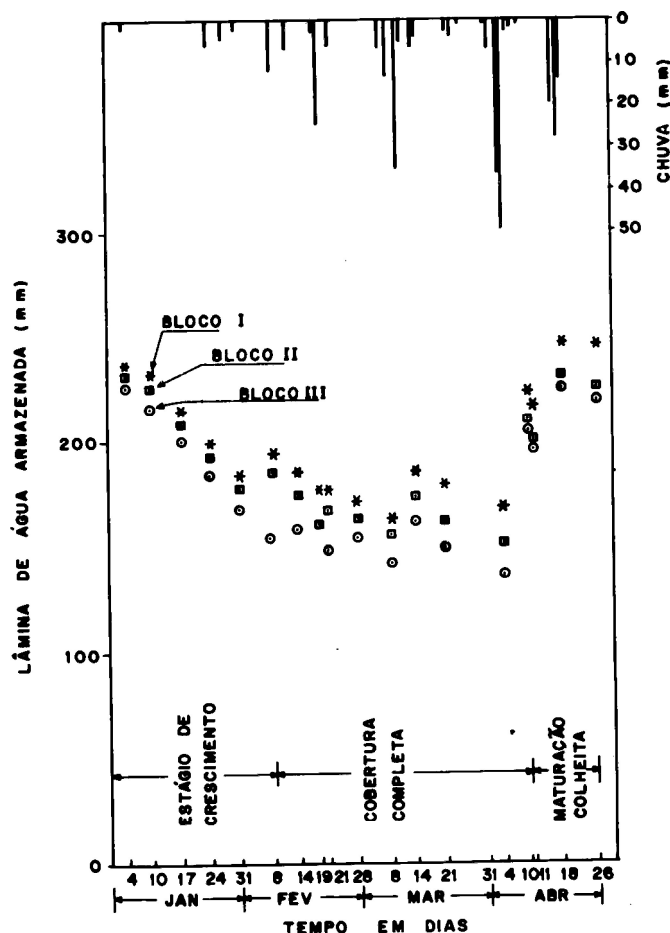


Figura 1. Lâmina média de água armazenada no perfil do solo por bloco e valores da precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo da cultura.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### 1. Uso consuntivo versus evapotranspiração potencial

O uso consuntivo acumulado, 145, 178 e 203mm respectivamente para os blocos I, II e III, foi consideravelmente menor que a evapotranspiração potencial - 516mm para o mesmo período.

Esses valores indicam o grau de limitação à evapotranspiração real, imposto à cultura em decorrência do deficit hídrico ocorrido durante o período de desenvolvimento.

### 2. Nível do deficit hídrico

A água armazenada num perfil de 950mm do solo Vacacaí, para os limites de 0,3 e 15 atmosferas de tensão, foi estimada em 247 e 164mm, respectivamente, conforme dados apresentados no quadro 1. Comparando esses valores com as medidas obtidas a campo e mostradas na figura 1, verificamos que os valores de tensão de umidade do solo estiveram próximos de 0,3 atmosfera no início e no fim do ciclo da soja. No entanto, por um período de 63 dias, início de fevereiro - princípio de abril, o conteúdo de água do solo permaneceu abaixo dos valores de umidade relativos à tensão de 15 atmosferas.

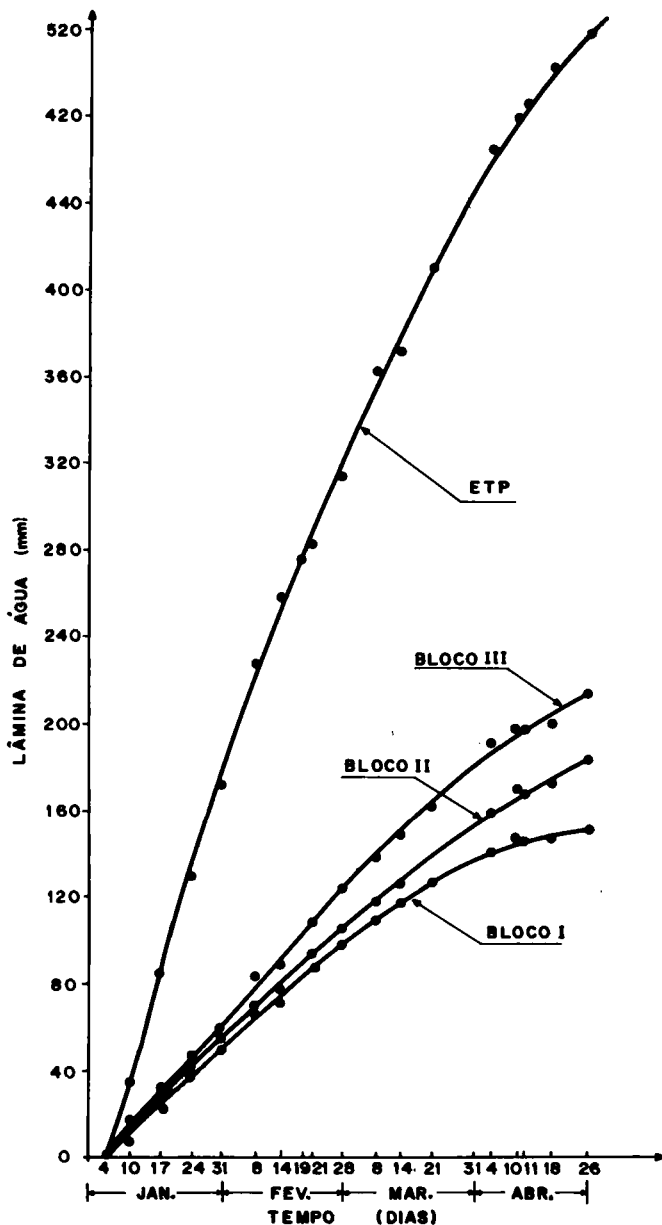


Figura 2. Uso consuntivo em milímetros de água por bloco e evapotranspiração potencial.

Embora não sejam completas, pois não incluem a distribuição de umidade no perfil do solo, essas estimativas de tensão de umidade do solo indicam que o nível de deficit sofrido pela cultura da soja foi extremamente alto, para o período de cobertura completa do solo, que envolveu os subperíodos de florescimento, formação e enchimento dos grãos, demonstrando o alto potencial de resistência a deficits hídricos dessa leguminosa.

### 3. Extração de umidade versus rendimento

O rendimento obtido sob condição de severa deficiência hídrica foi relativamente baixo: no entanto, pode ser considerado bastante elevado se comparado com a média prevista para o Estado (800kg/ha).

As diferenças mostradas no rendimento entre os três blocos podem ser atribuídas à capacidade das plantas em extrair água do solo. Esta hipótese pode ser justificada se considerarmos os componentes de produção colocados no quadro 2.

Quadro 2. Valores médios dos componentes de produção, rendimento e consumo de água por bloco

| Bloco | Plantas/<br>/metro | Vagens/<br>/planta | Rendi-<br>mento/<br>/planta<br>(g) | Rendi-<br>mento<br>(kg/ha) | Água<br>consumida<br>(mm) |
|-------|--------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| I     | 23,5               | 14                 | 3,6                                | 1.700                      | 145                       |
| II    | 21,0               | 17                 | 4,4                                | 1.850                      | 178                       |
| III   | 20,3               | 19                 | 4,9                                | 2.000                      | 203                       |

O número de plantas/metro decresce com o aumento da taxa de água extraída do solo. As razões das diferenças verificadas no stand final da cultura são desconhecidas, mas não podem ser atribuídas à densidade de plantio, porque este foi realizado simultaneamente por passagens através de todos os blocos.

Nos blocos onde a população de plantas foi menor, é razoável supor que ocorreu menor competição pela água disponível no solo, resultando em melhor desenvolvimento individual das plantas. Como a duração e a intensidade do deficit hídrico aumentaram com o decorrer do tempo, as plantas mais desenvolvidas tiveram melhores condições de explorar maior volume de solo em busca de água e nutrientes, resultando em maior número de vagens/planta e maior peso dos grãos/planta, compensando a menor população e alcançando rendimentos mais elevados por hectare, como pode ser visualizado no quadro 2.

## AGRADECIMENTOS

À Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP; ao Projeto PNUD/UNESCO-BRA/75/007; à Estação Experimental do Arroz - IRGA, pelo auxílio prestado, sem o qual seria impossível a realização deste trabalho.

## LITERATURA CITADA

- BELTRAME, L. & TAYLOR, J.C. - Uso da sonda de nêutrons para pesquisa na área de ciência do solo: I - Técnicas de uso. Trabalho apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Manaus, AM, julho/1979.
- BOUIYOUCOS, L.J. - A calibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. AGR. L., Madison, 43(9): 434-438, 1951.
- BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura. Recife, 1973. 431p. (Boletim técnico n.º 30)

- CALDER, I.R. - The measurement of water losses from a forested area using a «Natural» lysimeter. *Journal of Hydrology*, 30: 311-325, 1976.
- CLARKE, R. J. - Procedimentos de campo para o uso da Estação Meteorológica Automática de Wallingford e interpretação dos valores computados a partir de seus registros. Projeto PNUD/UNESCO/BRA/75/007. Porto Alegre, RS, 1978. Publicação n.º 6.
- FORSYTHE, W. - Física de Suelos. IICA. Costa Rica, 1975. 212p.
- FREITAS, P.L. - Ensaio de drenagem em planossolos do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado em Hidrologia Aplicada. Setor de Irrigação e Drenagem - IPH/UFRGS. Porto Alegre, 1978. 123f. (Não publicado)
- GEAR, R.D.; DRANSFIELD, A.S. & CAMPBELL, M.D. - Irrigation scheduling with neutron probe - *Journal of the irrigation and drainage - Division. ASCE*. 103(IR3): 291-298, 1977.
- JENSEN, M.E. - Consumptive use of water and irrigation water requirements. Publicação Especial da Amer. Soc. Civ. Eng., 1973. 251p.
- VAN BEERS, W.F.J. - The auger-Hole method. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen, 1970. 32p. (Bulletin n.º 1).
- WARD, R.C. - Principles of Hydrology. London. McGraw-Hill, 1967. 403p.
-