

## COMPORTAMENTO ESTACIONAL DO COEFICIENTE DE CULTIVO EM CULTURA DE SOJA IRRIGADA.

José de Paulo Rocha da Costa (\*)  
Pedro Vieira de Azevedo (\*\*)  
Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão (\*\*)

(\*) Departamento de Meteorologia/UFPA  
Caixa Postal 1611  
66.000 - Belém - Pa

(\*\*) Departamento de Ciências Atmosféricas  
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongô  
58.100 - Campina Grande - Pb.

### RESUMO:

O presente trabalho foi conduzido com dados de um experimento agrometeorológico instalado numa área de 1.100 m<sup>2</sup>, ao lado da estação meteorológica da Estação Experimental do CPATSA/EMBRAPA, localizada no perímetro irrigado do Projeto Mandacarú, Juazeiro-Ba. Objetivou a estimativa, por vários métodos, do coeficiente de cultivo (Kc) nas diversas fases do ciclo vegetativo da cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar tropical) irrigada e plantada obedecendo um espaçamento de 0,60 m entre fileiras e uma semeadura de 25 sementes por metro linear, visando o estabelecimento de uma curva representativa de Kc para a soja, nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil. A evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>) foi medida em evapotranspirômetros de lençol freático constante, enquanto a evapotranspiração de referência (E<sub>Tr</sub>) foi estimada pelos métodos de Penman, Doorenbos & Pruitt, Priestley & Taylor, Jury & Tanner e Tanque "Classe A". O coeficiente de cultivo foi obtido pela razão entre ET<sub>m</sub> e E<sub>Tr</sub>.

Para todos os casos, Kc apresentou valores crescentes ao longo da fase de desenvolvimento vegetativo, atingindo um máximo na época de maior desenvolvimento, decrescendo durante a fase de maturação, em virtude da redução do poder evapotranspiratório da cultura, causado pela queda das folhas caducas. Observou-se ainda que, com exceção do método do tanque "Classe A", os demais sobrestimaram os valores de Kc sugeridos pela FAO. Por fim, apresenta-se a curva representativa do comportamento estacional de Kc para a cultura de soja irrigada nas condições climáticas do local do experimento.

### ABSTRACT:

This study was conducted with data of an agricultural meteorology experiment installed in an area of 1,100 m<sup>2</sup>, beside the meteorological station of the CPATSA/EMBRAPA Experimental Station, located at the Mandacarú irrigated project, Juazeiro-Ba. The objective was to estimate, by several methods, the crop coefficient (Kc) for the various growing cycle phases of an irrigated

soybean (*Glycine max* (L.) Merrill, variety tropical) crop, planted in a 0.60 m row space and sown with 25 seeds per linear meter, with the purpose of establishing a  $K_c$  soybean representative curve for the semi-arid conditions of Northeast Brazil. The maximum crop evapotranspiration ( $ET_m$ ) was measured at constant water level evapotranspirometers while the reference evapotranspiration ( $ET_r$ ) was estimated by the methods of Penman, Doorenbos & Pruitt, Priestley & Taylor, Jury & Tanner and "class A" pan. The crop coefficient was obtained by the ratio between  $ET_m$  and  $ET_r$ .

For all cases,  $K_c$  presented increasing values along with the vegetative growing phase, decreasing during the ripening phase, due to the reduction of the evapotranspiration rate caused by drop of deciduous leaves. It was also observed that, except for the "classe A" pan method, there was an over estimation of  $K_c$  compared to the values suggested by FAO. Finally, it is presented a representative curve of the seasonal behaviour of  $K_c$  for an irrigated soybean crop grown at the climatic conditions of the experimental site.

## INTRODUÇÃO.

A disponibilidade hídrica no solo condiciona significativamente a produtividade agrícola nas regiões áridas e semi-áridas. O rendimento das culturas nessas regiões pode, entretanto melhorar substancialmente com a utilização da irrigação. O uso da irrigação tem mostrado que é possível reverter o quadro da produtividade agrícola da região semi-árida do Nordeste do Brasil, inclusive com a possibilidade de mais de uma colheita por ano, face a pequena variação regional das condições atmosféricas ao longo do ano.

O emprego da irrigação leva a observância de duas questões: quando e quanto irrigar. Em geral, o agricultor desconhece as necessidades hídricas reais das culturas e irriga com base em calendários de irrigação estabelecidos para outras regiões ou baseado em observações visuais do grau de secura do solo e estado de estresse hídrico das plantas.

Recentemente, alguns pesquisadores (AZEVEDO, et alii, 1987; DOORENBOS & PRUITT, 1977, ENCARNAÇÃO, 1980; MANTOVANI et alii, 1987; MINCHIO & VOLPE, 1987; SOUZA & VAREJÃO-SILVA, 1985; SOUZA et alii, 1987) têm tentado determinar as necessidades hídricas de culturas através do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). O coeficiente de cultivo foi originalmente definido como a razão entre a evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ), estimada pela equação de Penman. Entretanto, para algumas culturas,  $K_c$  atinge valores superiores a unidade, particularmente durante o período de maior demanda hídrica da cultura, tornando o termo "potencial" de significado questionável (DOORENBOS & PRUITT, 1987; CUENCA et alii, 1982). Isto se deve ao fato da equação de Penman

ter sido derivada para uma condição de evapotranspiração potencial, isto é, a perda total de água para a atmosfera, por uma superfície coberta totalmente por vegetação curta em pleno desenvolvimento vegetativo, exercendo uma resistência desprezível ao fluxo de vapor d'água para a atmosfera, e sempre bem suprida de água. Para contornar esse problema, o termo evapotranspiração potencial foi substituído por evapotranspiração de referência (E<sub>Tr</sub>), para significar o consumo hídrico relativo a uma cultura de grama ou alfafa de 2 a 5 cm e 20 a 50 cm de altura, respectivamente.

Segundo Daker, citado por SOUZA & VAREJÃO SILVA (1985), o coeficiente de cultivo é uma função do tipo e teor de umidade do solo, das características fisiológicas de cada cultura e do estágio de desenvolvimento das plantas, sendo portanto, uma função do método de estimativa de E<sub>Tr</sub> (MINCHIO & VOLPE, 1987). Além das condições hídricas do solo e da energia disponível ao processo evapotranspiratório, K<sub>c</sub> pode ser afetado também pelas características aerodinâmicas da cultura, época de plantio, comprimento da estação de cultivo e condições climáticas locais (TAN & FULTON, 1980). SOUZA et alii (1987) afirmam que estimativas confiáveis de K<sub>c</sub> ao longo da estação de cultivo, permitem o conhecimento das necessidades de irrigação de uma cultura, além de facilitar o estabelecimento da frequência e quantificação da irrigação, sem necessidade de medições da umidade do solo.

O presente estudo objetivou a estimativa, por vários métodos, do coeficiente de cultivo nas diferentes fases do ciclo vegetativo, visando o estabelecimento de uma curva representativa de K<sub>c</sub> para a cultura da soja, irrigada nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS.**

O experimento de campo foi instalado numa área de aproximadamente 1.100 m<sup>2</sup>, em solo vertissolo, ao lado da estação meteorológica da Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semi-Árido (CPATSA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizada no perímetro irrigado do Projeto Mandacarú, Juazeiro-Ba. Utilizou-se a cultura de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar tropical), plantada num espaçamento de 0,60 m entre fileiras e um semeio de aproximadamente 25 sementes por metro linear, perfazendo uma densidade de 400.000 plantas por hectare. O período do experimento foi de setembro a dezembro de 1987.

A evapotranspiração máxima da cultura (E<sub>Tm</sub>) foi medida em dois evapotranspirômetros de lençol freático constante instalados a mais de dez anos na área do experimento. Após as primeiras irrigações a intervalos entre 7 a 10 dias, procedeu-se as irrigações seguintes de acordo com as necessidades da cultura -

quando a taxa de evapotranspiração diária (ET<sub>m</sub>) acumulava uma lâmina correspondente à irrigação anterior. A evapotranspiração de referência (ET<sub>r</sub>) foi estimada com base nos métodos de Penman, Doorenbos & Pruitt, Priestley & Taylor, Jury e Tanner e Tanque "Classe A". Os parâmetros meteorológicos, necessários a aplicação desses métodos, foram medidos, em parte, na estação meteorológica e na sua maioria sobre a cultura.

O coeficiente de cultivo foi então estimado, com base na razão entre os valores diários de ET<sub>m</sub> e ET<sub>r</sub>, ou seja:

$$K_c = ET_m / ET_r \quad (1)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Na tabela 1 são apresentados os valores diários médios para períodos semanais do coeficiente de cultivo, determinados pelos métodos empregados e os sugeridos pela FAO (1975). Observa-se, em todos os casos, um aumento de K<sub>c</sub> que, após atingir um valor máximo, decresce em virtude da redução do poder evapotranspiratório da cultura, causado pela senescência das folhas caducas e pelo início da fase de maturação, quando a planta perde rapidamente o seu vigor (ENCARNAÇÃO et alii, 1987). O valor máximo de K<sub>c</sub>, em todos os casos, ocorreu quando a cultura atingiu seu máximo desenvolvimento vegetativo, expresso pelos valores máximos da altura da cultura e do índice de área foliar (figura 1). Observa-se também, na tabela 1, que não houve grandes diferenças entre os valores de K<sub>c</sub> sugeridos pela FAO e aqueles estimados pelo método do tanque "classe A", com exceção dos obtidos na fase de maturação. Contudo, os demais métodos estudados apresentaram valores de K<sub>c</sub> bem mais elevados, principalmente para o período de completo desenvolvimento vegetativo da cultura. As equações de regressão entre os valores de K<sub>c</sub> sugeridos pela FAO e estimados pelos diferentes métodos são apresentadas na tabela 2. Os dados da tabela 1 são também apresentados na figura 2, onde observa-se que, com exceção do método do tanque "classe A", os demais sobrestimaram os valores de K<sub>c</sub> sugeridos pela FAO.

Seguindo a metodologia apresentada por DOORENBOS & PRUITT (1975), apresenta-se na figura 3, a curva representativa do coeficiente de cultivo para a cultura da soja, nas condições climáticas reinantes na região do experimento, na qual pode-se observar o comportamento de K<sub>c</sub>, por estágio fenológico e ao longo da estação de cultivo. Os resultados de K<sub>c</sub> encontrados neste trabalho estão de acordo com aqueles obtidos por MATZNAEUER & BERLATO (1985) para a cultura da soja nas condições climáticas de Taquarí-RS.

T A B E L A - 1

VALORES MÉDIOS DIÁRIOS PARA PERÍODOS SEMANAIS DE  $K_c$ , ESTIMADOS POR DIFERENTES MÉTODOS E SUGERIDOS PELA FAO (1975).

PERÍODOS	ORDEM	MÉTODOS					
		$K_c$ PE	$K_c$ DP	$K_c$ PT	$K_c$ JT	$K_c$ CA	$K_c$ FAO
19-25/09	1	0,52	0,51	0,48	0,48	0,47	0,46
26/09-02/10	2	0,55	0,53	0,54	0,55	0,51	0,52
03-09/10	3	0,65	0,64	0,55	0,56	0,54	0,59
10-16/10	4	0,70	0,68	0,68	0,67	0,58	0,69
17-23/10	5	0,99	0,97	0,90	0,84	0,83	0,78
24-30/10	6	1,16	1,14	1,05	1,02	0,88	0,88
01-07/11	7	1,31	1,28	1,26	1,18	1,01	0,97
08-14/11	8	1,34	1,35	1,18	1,16	1,03	1,05
15-21/11	9	1,22	1,23	1,27	1,25	0,99	1,08
22-28/11	10	1,40	1,40	1,29	1,28	1,05	1,13
29/11-05/12	11	1,34	1,34	1,34	1,36	1,02	1,13
06-12/12	12	1,32	1,31	1,34	1,33	0,97	1,12
13-20/12	13	1,22	1,23	1,15	1,15	0,94	1,11

T A B E L A - 2

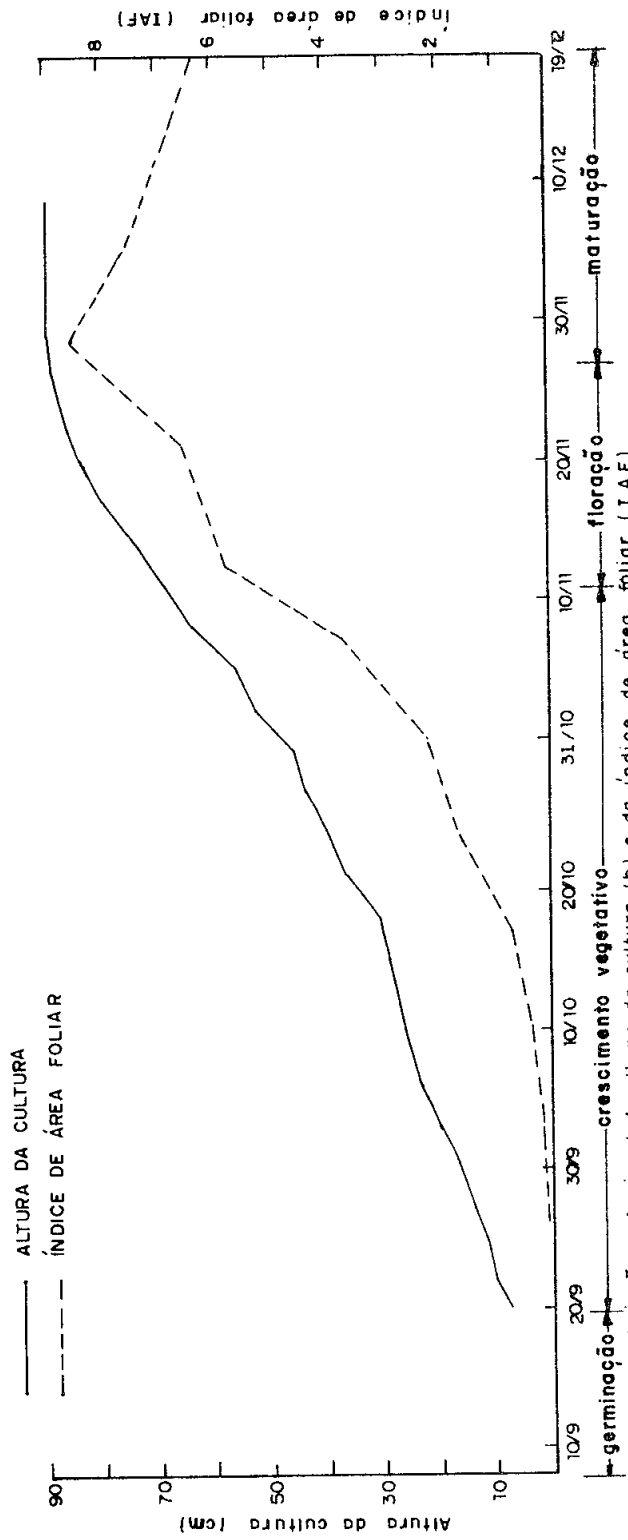
CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DIÁRIOS PARA PERÍODOS SEMANAIS DE  $K_c$ , ESTIMADOS POR DIFERENTES MÉTODOS E SUGERIDOS PELA FAO (1975).

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE $E_{Tr}$	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	$r^2$
PENMAN	$K_c$ FAO = 0,115 + 0,729 $K_c$ PE	0,94
DOORENBOS & PRUITT	$K_c$ FAO = 0,131 + 0,721 $K_c$ DP	0,94
PRIESTLEY & TAYLOR	$K_c$ FAO = 0,146 + 0,738 $K_c$ PT	0,94
JURY & TANNER	$K_c$ FAO = 0,137 + 0,758 $K_c$ JT	0,96
TANQUE "CLASSE A"	$K_c$ FAO = -0,111 + 1,077 $K_c$ CA	0,92

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AZEVEDO, P.V., SOUZA, J.L. & BASTOS, E.J. de BRITO. Coeficientes de cultivo em cultura de tomate irrigado. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa : 123-125, 1987.
- CUENCA, R.H. Application of Penman equation wind function. ASCE, Vol. 108 : 13-23, 1982.
- DOORENBOS, S.J. & KASSAM, A.K. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma. FAO. 1979, 213 p.

- DOORENBOS, S.J. & PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma. FAO. 1975, 180 p.
- DOORENBOS, S.J. & PRUITT, W.O. Crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper 24. Roma, 1977, 244 pp.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 1980. 82 p. (Dissertação de Mestrado).
- ENCARNAÇÃO, C.R.F., VILA NOVA, N.A. & ANGELOCCI, L.R. Exigências hídricas e coeficientes culturais da Batata (*Solanum tuberosum*, L.). Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa. 143-153, 1987.
- MANTOVANI, E.C., SEDIYAMA, G.C., BERNARDO, S. & LOUREIRO, B.T. Determinação do coeficiente de cultivo para o feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) irrigado em duas épocas de plantio. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa. 130-131, 1987.
- MATZNAEUER, R. & BERLATO, M.A. Coeficiente de cultivo (Kc) da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, IV. Resumos. Fundação Gargil, Londrina-Pr : 13-14, 1985.
- MINCHIO, C.A. & VOLPE, C.A. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultivo da ervilha (*Pisum sativum*, L.). Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa. 132-141, 1987.
- SOUZA, J.L., AZEVEDO, P.V. & BASTOS, E.B. de BRITO. Variação estacional do coeficiente de cultivo numa cultura de milho irrigado. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa : 126-129, 1987.
- SOUZA, J.L. & VAREJÃO SILVA, M.A. Evapotranspiração em cultura de feijoeiro. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. IV. Resumos. Fundação Gargill. 24-32, 1985.
- TAN, C.S. & FULTON, J.M. Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and classe A pan evaporation. Can. J. Plant Sci. 60:207-212, 1980.
- WRIGHT, J.L. New evapotranspiration crop coefficients. J. of the Irrigated and Drainage Division. ASCE, Vol. 108, No. IR2:57-74, 1982.



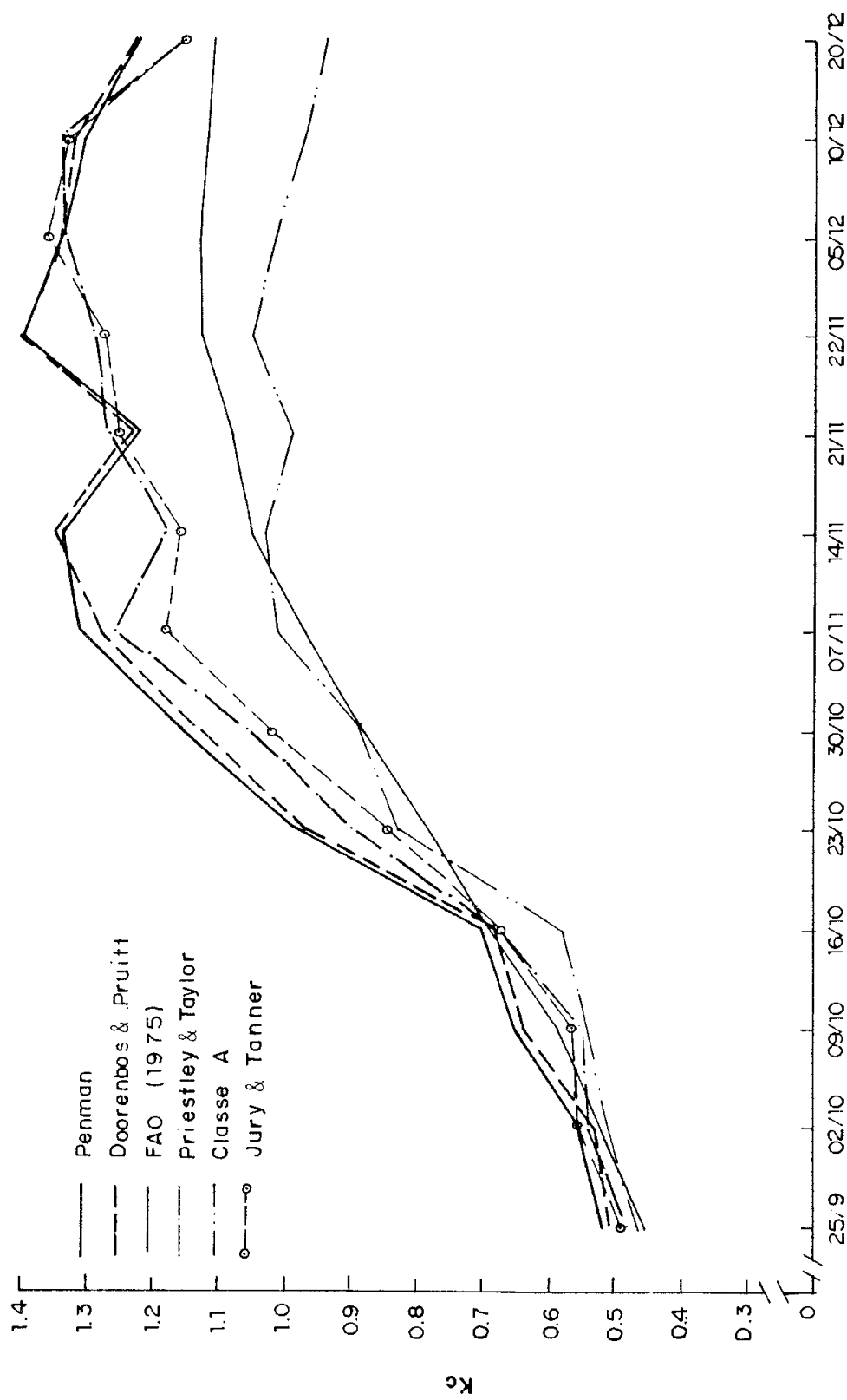


Figura 2 - Comparação entre os valores diários médios para períodos semanais de  $K_c$ , sugeridos pela FAO (1975) e estimados por diferentes métodos.



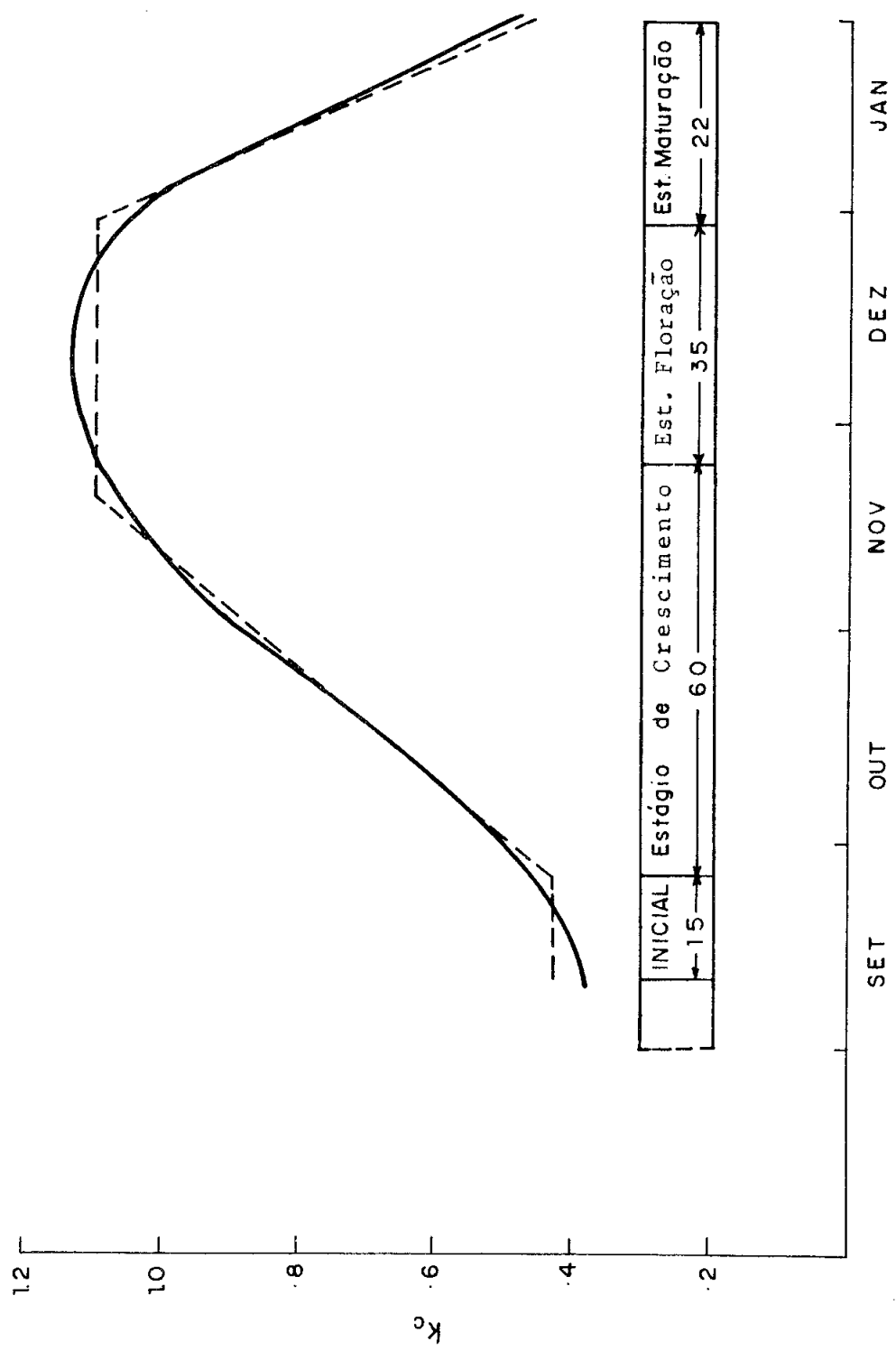


Figura 3 - Curva representativa do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para a cultura de soja, nas condições ambientais do experimento.