

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO PARA RESISTÊNCIA À SECA BASEADA EM DIAS DE ESTRESSE DE ÁGUA NO SOLO¹

PEDRO MARQUES DA SILVEIRÁ, CLEBER MORAIS GUIMARÃES,
LUIS FERNANDO STONE e JOÃO KLUTHCOUSKI²

RESUMO - Foi realizado um estudo visando avaliar cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) dos grupos preto e mulatinho, para resistência à seca, com base em dias de estresse de água no solo. Os ensaios de rendimento foram instalados em seis datas de plantio, usando oito cultivares do grupo preto: P-730, GO-3836, Iguaçu, Rio Tibagi, P-729, Rico 23, Tambó, Cuva 168-N; e seis cultivares do grupo mulatinho: Mulatinho Paulista, Favinha, Vila Nova, IPA-7419, Mulatinho Vagem Roxa e Mulatinho Irecê, em delineamento de blocos ao acaso. Os dias de estresse de água no solo foram medidos através de um balanço hídrico, feito para cada uma das cultivares em cada plantio, por meio de um modelo computacional. Como dias de estresse hídrico consideraram-se os dias em que a água disponível no solo estava abaixo de 25% da capacidade de armazenamento até 1 m de profundidade. Realizaram-se estudos de regressão linear simples entre produção e número de dias de estresse de água no solo, durante a floração, nos seis ensaios e comparou-se a produtividade de cada cultivar com a média geral do grupo. A produção de grãos diminuiu à medida que o número de dias de estresse de água no solo aumentou, nas cultivares dos grupos preto e mulatinho, e a média geral de produção das cultivares do grupo mulatinho foi maior que a do grupo preto, quando houve estresse de água no solo. Dentro do grupo preto, a cultivar mais estável foi a 'P-730', e a de maior produção foi a 'Rio Tibagi', com 24,15% a mais que a média geral do grupo, quando se consideraram os graus zero, cinco, dez e quinze dias de estresse de água no solo. No grupo mulatinho, a mais estável foi a 'Favinha', e a 'IPA-7419' foi a de maior produção, com 13,61% a mais que a média geral do grupo, nos mesmos graus de estresse considerados. A grande vantagem desta técnica de avaliar resistência à seca, com base em dias de estresse hídrico no solo, é que ela permite comparar, diretamente, rendimento em cultivares com diferentes datas de floração, as quais podem estar sujeitas a diferentes graus de estresse de água no solo.

Termos para indexação: modelo computacional, floração, balanço hídrico, feijão.

EVALUATION OF BEAN CULTIVARS TO DROUGHT RESISTANCE BASED ON WATER STRESS DAYS IN SOIL

ABSTRACT - "Preto" and "Mulatinho" bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) were evaluated to drought resistance based on water stress days in soil. Yield experiments were installed on six planting dates using eight "Preto" cultivars: P-730, GO-3836, Iguaçu, Rio Tibagi, P-729, Rico 23, Tambó, Cuva 168-N; and six "Mulatinho" cultivars: Mulatinho Paulista, Favinha, Vila Nova, IPA-7419, Mulatinho Vagem Roxa and Mulatinho Irecê, in blocks delineated at random. Water stress days in soil were measured for all cultivars of each planting through a water balance, using a computer model. Water stress days were those days when the total extractable soil water was 25% below the storage capacity until 1 m depth level. Simple linear regression studies were made between production and number of water stress days, in all six experiments, during the flowering stage; also, the productivity of each cultivar was compared with the group's general average. Grain yield decreased as number of water stress days in soil increased in all "Preto" and "Mulatinho" cultivars. Yield general average was higher in the "Mulatinho" cultivars than in the "Preto" cultivars, under water stress in soil. Among "Preto" cultivars, "P-730" was the most steady and "Rio Tibagi" had the highest production, with 24.15% more than the group's general average, under zero, five, ten and fifteen degrees of water stress days in soil. Among "Mulatinho" cultivars, "Favinha" was the most steady and "IPA-7419" had the highest production, with 13.61% more than the group's general average, under the same degrees of water stress days. The advantage of this method of evaluating drought resistance based on water stress days in soil is that it permits comparing yields of different flowering stage cultivars directly, which may be subject to different water stress degrees in soil.

Index terms: computer model, flowering, hydric balance, beans.

INTRODUÇÃO

A resistência da planta à seca é atribuída a vários mecanismos complexos e suas interações. Por causa dessa complexidade de fatores, é necessária a com-

¹ Aceito para publicação em 14 de março de 1981.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74.000 - Goiânia, GO.

preensão da resposta da planta em termos de tolerância e de prevenção aos efeitos da seca (Sullivan 1971). A tolerância é proveniente da habilidade da planta sobreviver com baixos índices de potenciais hídricos internos e a prevenção é atribuída à habilidade da planta em manter um favorável balanço interno de água em condições de seca (Hurd 1976).

Vários aspectos do metabolismo de uma planta são afetados pelo déficit de água, incluindo inibição da síntese de proteína e alterações do metabolismo dos aminoácidos (Barnett & Naylor 1966). O estabelecimento de estresse hídrico na planta ocasiona o decréscimo da concentração de certos aminoácidos na célula (Chen et al. 1964), acréscimo da concentração de outros, como a prolina, e aumento da concentração de nitrogênio livre em forma de amônia (McMichael & Elmore 1977).

Numerosas técnicas de seleção ("screening") têm sido desenvolvidas para estimar a resistência à seca em cultivares e gerações segregantes. Entretanto, deve ser reconhecido que algumas técnicas, baseadas na queima ou no enrolamento das folhas e recuperação da planta, são só indiretamente relacionadas à manutenção de rendimentos sob estresse de água, uma característica provavelmente relacionada com a habilidade da planta manter atividade fotossintética durante o estresse. Assim, estas técnicas de seleção ("screening") de campo devem ser utilizadas como um meio de avaliar resistência à seca, em material relativamente bem adaptado. Essa seleção ("screening") inicial deveria ser seguida pela avaliação quantitativa da resposta à seca, em ensaios-padrões de rendimento de um programa de melhoramento. A base desta avaliação deveria ser a medida cuidadosa do rendimento e sua correlação ao número de dias de estresse hídrico, ocorrido durante a fase reprodutiva da cultura, a mais crítica com relação à deficiência hídrica, de acordo com Kattan & Fleming 1956, Biehuizen & De Vos 1959 e Nelson 1962.

Foi com este objetivo que se procurou, neste estudo, avaliar cultivares de feijão dos grupos preto e mulatino, para resistência à seca com base no número de dias de estresse de água no solo, ocorridos durante o período de floração da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Goiânia, GO, em condições de campo, em um Latossolo Vermelho-Escuro, que recebeu uma adubação básica de 20 kg/ha de N, 80 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O , nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Os ensaios de

rendimento foram instalados em 9.3.78, 15.3.78, 5.4.78, 29.3.79, 21.6.79 e 6.7.79. Aos quinze dias da emergência, após cada data de plantio foi feita aplicação em cobertura de 20 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio. Foram usadas oito cultivares de feijão do grupo preto: P-730, GO-3836, Iguçu, Rio Tibagi, P-729, Rico 23, Tambó e Cuva 168-N; e seis do mulatino: Mulatino Paulista, Favinha, Vila Nova, IPA-7419, Mulatino Vagem Roxa e Mulatino Irecê. São cultivares de hábito de crescimento II ou III, e foram semeadas numa densidade de doze plantas por metro linear e no espaçamento de 0,50 m entre linhas. As cultivares P-729, P-730 e GO-3836 mostraram-se superiores quanto à resistência à seca, em ensaios de rendimento realizados no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1975). As cultivares do grupo mulatino são plantadas no Nordeste brasileiro e podem ser mais adaptadas à seca.

O delineamento usado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições. A área de cada parcela foi de 12 m². A produção fornecida em g/m² foi obtida pela média de várias determinações feitas dentro da área útil. Todos os ensaios foram pulverizados com Benlate, Plantvax e Carvin, como medida de prevenção contra doenças e insetos.

A razão de utilizarem-se diversas datas de plantio foi a de tentar obter diferentes dias de estresse de água no solo, durante o período de floração da cultura. Os dias de estresse de água no solo foram medidos através de um balanço hídrico, feito para cada uma das cultivares em cada plantio, por meio do modelo computacional de Richardson & Ritchie (1972). A eficiência deste balanço para as nossas condições foi comprovada quando se comparou com o balanço hídrico de campo, em estudo realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. As entradas para este modelo são as seguintes: precipitação e/ou irrigação em mm, temperaturas máxima e mínima diárias em °C, radiação solar diária em cal/cm², limite superior de água disponível do solo em mm, limite inferior para a evaporação potencial em mm e índice de área foliar (IAF). A precipitação e a irrigação foram medidas com pluviômetros; as temperaturas máxima e mínima com termômetros de máxima e mínima; e a radiação solar com um LI-500 Integrador, da "Lambda Instruments Corporation".

O limite superior da água disponível do solo foi obtido da seguinte maneira: dois dias após se ter saturado e coberto com plástico uma área de solo de 1,5 m x 1,5 m, mediu-se a umidade do solo até 1 m de profundidade, em camadas de 0,20 m. Mediu-se, também, a umidade do solo até a mesma profundidade e nas mesmas camadas, quando as plantas de feijão apresentavam sintomas de morte por deficiência hídrica. Subtraiu-se uma medida da outra em cada camada, multiplicou-se este resultado pela espes-

³ Este modelo encontra-se arquivado em disco, no Centro de Processamento de Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Setor de Áreas Isoladas Norte (Parque Rural), Caixa Postal 10.2372, 70000 - Brasília, DF.

sura da camada e integrou-se até 1 m de profundidade. O valor obtido, 86 mm, foi o limite superior de água disponível do solo. O limite inferior para a evaporação potencial foi considerado a 25% do limite superior de água disponível do solo, ou seja, 21,5 mm.

O índice de área foliar foi determinado semanalmente, usando o aparelho denominado "Portable Area Meter", modelo LI-3000, da "Lambda Instruments Corporation".

Este modelo tem como saída os dados diários do escoamento superficial, da drenagem profunda, da evaporação do solo, da transpiração da planta, da evapotranspiração e da água disponível do solo, em milímetros.

Como dias de estresse hídrico foram considerados os dias em que a água disponível do solo estava abaixo do limite inferior para a evaporação potencial no período de quinze dias de floração de cada cultivar, período em que elas produzem flores férteis (Silveira et al. 1980). A data do início de florescimento de cada cultivar foi anotada individualmente e, assim, pôde-se localizar, no balanço hídrico, o período de quinze dias de floração e verificar-se se houve ou não dias de estresse hídrico.

Realizaram-se estudos de regressão linear simples entre produção e número de dias de estresse de água no solo, durante a floração, nos seis ensaios, e procurou-se avaliar quantitativamente cada cultivar com a média geral dentro do grupo de cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se as produções das cultivares dos grupos preto e mulatinho, bem como os dias de estresse hídrico no solo, ocorrido em cada uma das datas de plantio, considerando o período de quinze dias após o início da floração. Pode ser observado que, em geral, a medida que o número de dias de estresse cresce, a produção diminui, para cada cultivar, indicando que a quantidade de água no solo influencia diretamente a produção. Independentemente do problema da água no solo, a produção variou nas diversas datas de plantio. Excluindo-se a precipitação, fatores climáticos e ambientais podem ter concorrido para esta variação. Convém ressaltar que fatores como a radiação solar, temperaturas máxima e mínima e índice de área foliar, entram diretamente no balanço de água para o cálculo do número de dias de estresse hídrico.

Os dados observados em campo foram ajustados a um modelo matemático. Na Tabela 2 pode-se observar a equação de produção estimada (\hat{y}), em função do número de dias de estresse de água no solo (x), coeficiente de determinação (r^2) e coeficiente angular de

TABELA 1. Produção em g/m² das cultivares dos grupos preto e mulatinho, em função do número de dias de estresse hídrico na floração nas diversas datas de plantio.

Cultivar	Plantio de 9.3.78		Plantio de 15.3.78		Plantio de 29.3.79		Plantio de 5.4.78		Plantio de 6.7.79		Plantio de 21.6.79	
	prod. g/m ²	D.E. n°										
Grupo Preto	P-730	68,19	0	61,59	1	44,00	5	44,87	8	31,29	14	6,25
	GO-3836	101,69	0	90,45	1	41,06	8	32,29	9	50,23	13	4,65
	Iguaçu	78,39	1	67,41	1	50,66	4	31,34	8	44,10	13	7,30
	Rio Tibagi	95,59	0	61,94	3	71,54	4	59,34	9	42,31	12	6,39
	P-729	87,22	2	34,41	3	43,43	8	17,21	9	39,49	12	2,38
	Rico 23	61,94	2	90,66	3	39,03	7	39,09	9	51,09	10	6,86
Grupo Mulatinho	Tambó	71,29	0	52,93	4	32,87	9	36,66	10	28,31	13	4,18
	Cuva 168-N	94,95	1	60,87	2	42,11	6	46,43	9	26,80	10	5,41
	M. Paulista	92,96	0	57,50	4	68,34	6	49,17	10	37,08	12	7,12
	Favinha	50,07	0	45,56	3	45,69	4	38,14	6	36,82	13	13,45
	Vila Nova	74,51	2	73,26	5	30,62	7	50,66	10	44,57	12	7,54
	IPA-7419	87,69	1	78,21	2	45,69	7	73,17	9	47,68	11	7,86
M.V. Roxa	80,79	2	53,80	3	34,20	8	55,97	10	38,97	11	7,23	
M. Irecê	86,49	2	55,54	3	43,34	8	58,66	10	38,40	11	8,33	

* D.E. - Dias de estresse hídrico.

cada cultivar dentro do grupo. Nota-se que o coeficiente de determinação variou de 0,5537 na cultivar P-729, para 0,9344 na 'Tambó', dentro do grupo preto, e de 0,6845 na cultivar Vila Nova, para 0,8999 na 'Mulatinho Paulista', no grupo mulatinho. O coeficiente angular variou de 3,27 na cultivar P-730, para 5,46 na 'GO-3836', dentro do grupo preto, e de 1,95 na cultivar Favinha para 4,98 na 'Mulatinho Paulista', no grupo mulatinho. Quanto menor o coeficiente angular, mais estável é a cultivar. Assim, a cultivar mais estável do grupo preto foi a 'P-730', e a do mulatinho a 'Favinha'. Para a avaliação da resistência das cultivares à seca, interessa conhecer o binômio estabilidade-produção, buscando-se uma maior estabilidade com uma maior produção, quando há déficit de água no solo.

A equação de produção geral, estimada para o grupo preto, foi: $\hat{y} = 79,50 - 4,34 x$ com $r^2 = 0,7046$; e, para o grupo mulatinho: $\hat{y} = 79,01 - 3,96 x$ com $r^2 = 0,6549$, indicando que, respectivamente, 70,46% e 65,49% das produções das cultivares dos grupos preto e mulatinho são explicadas pelo número de dias de estresse de água no solo. A Fig. 1 mostra a equação geral estimada de produção, em função do número de dias de estresse hídrico no solo, para ambos os grupos de cultivares. Observa-se que a produção estimada das cultivares do grupo mulatinho foi maior que a do grupo preto, e que elas têm maior estabilidade de produção quando submetidas à deficiência de água no solo, por terem menor coeficiente angular. A preferência destas cultivares pelos agricultores do Nordeste brasileiro, região mais sujeita à seca, pode estar associada a sua maior rentabilidade e estabilidade de produção para esta região.

A partir da equação de produção estimada de cada cultivar, procurou-se encontrar a produção zero, cinco, dez e quinze dias de estresse de água no solo (Tabela 3), para uma avaliação quantitativa da resistência à seca de cada cultivar, nestes graus de estresse. A produção estimada da cultivar foi comparada em termos de percentagem de produção relativa sobre a média geral do grupo, por não se ter ainda uma cultivar-padrão para comparação. Observando a Tabela 3, pode-se verificar que, dentro do grupo preto (com zero e cinco dias de estresse de água no solo), a cultivar GO-3836 obteve uma produção relativa estimada em, respectivamente, 19,30% e 19,84% maior que a

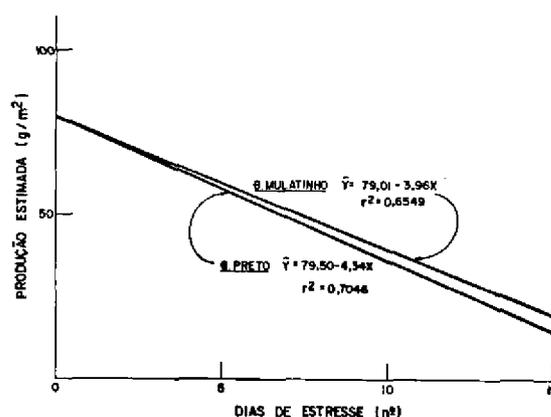


FIG. 1. Equação estimada de produção (\hat{y}), em g/m^2 , em função do número de dias de estresse hídrico no solo (x), para as cultivares dos grupos preto e mulatinho.

TABELA 2. Equação de produção estimada (\hat{y}) em g/m^2 , em função do número de dias de estresse de água no solo (x), coeficiente de determinação (r^2) e coeficiente angular das diversas cultivares.

Cultivar	Equação de produção estimada	Coefficiente de determinação r^2	Coefficiente angular
Grupo Preto			
P-730	$\hat{y} = 66,14 - 3,27 x$	0,8785	3,27
GO-3836	$\hat{y} = 95,29 - 5,46 x$	0,8364	5,46
Iguaçu	$\hat{y} = 72,39 - 3,69 x$	0,7659	3,69
Rio Tibagi	$\hat{y} = 90,82 - 4,83 x$	0,8653	4,83
P-729	$\hat{y} = 72,18 - 4,26x$	0,5537	4,26
Rico 23	$\hat{y} = 86,56 - 5,01x$	0,7485	5,01
Tambó	$\hat{y} = 71,06 - 3,92 x$	0,9344	3,92
Cuva 168 N	$\hat{y} = 84,58 - 5,37 x$	0,8616	5,37
Grupo Mulatinho			
M. Paulista	$\hat{y} = 91,07 - 4,98 x$	0,8999	4,98
Favinha	$\hat{y} = 51,62 - 1,95 x$	0,7689	1,95
Vila Nova	$\hat{y} = 84,72 - 4,45 x$	0,6845	4,45
IPA 7419	$\hat{y} = 92,64 - 4,79 x$	0,7689	4,79
M.V. Roxa	$\hat{y} = 79,69 - 4,22 x$	0,7182	4,22
M. Irecê	$\hat{y} = 85,31 - 4,51 x$	0,7492	4,51

TABELA 3. Produção estimada (Y) em g/m², a zero, cinco, dez e quinze dias de estresse de água no solo, e percentagem da produção relativa das cultivares dos grupos preto e mulatinho.

Cultivar	y a 0		y a 5		y a 10		y a 15		Prod. relativa (%)	Percentagem média geral da produção relativa
	D.E.	Prod. relativa (%)	D.E.	Prod. relativa (%)	D.E.	Prod. relativa (%)	D.E.	Prod. relativa (%)		
Grupo Preto										
P-730	66,14	82,80	49,79	87,76	33,44	95,24	17,09	134,24	100,00	100,01
GO-3836	95,29	119,30	67,99	119,84	40,69	115,89	13,39	105,18	115,05	115,05
Iguacu	72,39	90,63	53,94	95,08	35,49	101,08	17,04	133,85	105,16	105,16
Rio Tibagi	90,82	113,70	66,67	117,52	42,52	121,10	18,37	144,30	124,15	124,15
P-729	72,18	90,37	50,88	89,68	29,58	84,24	8,23	64,65	82,23	82,23
Rico 23	86,56	108,37	61,51	108,42	36,46	103,84	11,41	89,63	102,56	102,56
Tambó	71,06	88,96	45,40	80,02	31,86	90,74	12,26	100,23	89,98	89,98
Cuve 168-N	84,58	105,89	57,73	101,76	30,88	87,95	4,03	31,65	81,81	81,81
Média	79,87	100,00	56,73	100,00	35,11	100,00	12,73	100,00	100,00	100,00
Grupo Mulatinho										
M. Paulista	91,07	112,65	66,17	110,11	41,27	104,90	16,37	88,05	103,92	103,92
Favinha	51,62	63,85	41,87	69,67	32,12	81,64	22,37	120,33	83,87	83,87
Vila Nova	84,72	104,79	62,47	103,96	40,22	102,23	17,97	96,66	101,91	101,91
IPA-7419	92,64	114,59	68,69	114,31	44,74	113,72	20,79	111,83	113,61	113,61
M.V. Roxa	79,69	98,57	58,59	97,50	37,49	95,29	16,39	88,16	94,88	94,88
M. Irecê	85,31	105,52	62,76	104,44	40,21	102,21	17,66	94,99	101,79	101,79
Média	80,84	100,00	60,09	100,00	39,34	100,00	18,59	100,00	100,00	100,00

média do grupo. Com dez e quinze dias de estresse, a cultivar Rio Tibagi comportou-se melhor, com uma produção relativa estimada em 21,10% e 44,30% maior que a média. Fazendo uma média geral da percentagem de produção relativa, a zero, cinco, dez e quinze dias de estresse, verifica-se que as cultivares do rio Tibagi, GO-3836, Iguaçú e Rico 23 foram, respectivamente, 24,15%; 15,05%, 5,16% e 2,56% maiores que a média geral do grupo.

Dentro do grupo mulatinho, a cultivar IPA 7419 foi melhor que a média geral do grupo de 14,59%, com zero dias de estresse, de 14,31%, com cinco dias, e de 13,72%, com dez dias. Já com quinze dias de estresse, a cultivar Favinha foi melhor 20,33% que a média. A média de percentagem da produção relativa estimada, a zero, cinco, dez e quinze dias de estresse, mostra que as cultivares IPA-7419, Mulatinho Paulista, Vila Nova e Mulatinho Irecê foram, respectivamente, superiores à média geral do grupo, em 13,16%, 3,92%, 1,91% e 1,79%. A análise da produção relativa estimada, a zero, cinco, dez e quinze dias de estresse, de água no solo, permite conhecer melhor o comportamento das cultivares porque mostra a sua estabilidade de produção quando ocorre estresse hídrico.

Apesar do número de dias de estresse hídrico ter sido o fator que influenciou mais diretamente a produção, o que se pode verificar pelos coeficientes de determinação, convém eliminar o efeito da data de plantio e realizar o estudo em uma só época, provocando, artificialmente, diferentes condições de umidade do solo.

Uma das vantagens da técnica de avaliar resistência à seca, baseada em dias de estresse hídrico do solo, é que ela permite comparar, diretamente, as quedas de rendimento em função do déficit hídrico, em cultivares com diferentes datas de floração.

CONCLUSÕES

1. A produção de grãos diminuiu, à medida que o número de dias de estresse de água do solo aumentou, nas cultivares testadas.

2. As cultivares do grupo mulatinho tiveram produção maior que as do grupo preto, quando houve estresse de água no solo.

3. Dentro do grupo preto, a cultivar mais estável foi a 'P-730' e a de maior produção a 'Rio Tibagi', com cerca de 24,15% a mais que a média geral do grupo, quando se consideraram os graus zero, cinco, dez, e quinze dias de estresse de água no solo.

4. Dentro do grupo mulatinho, a cultivar mais estável foi a 'Favinha', e a de maior produção a 'IPA-7419', com cerca de 13,61% a mais que a média geral

do grupo, quando se consideraram os graus zero, cinco, dez e quinze dias de estresse de água no solo.

5. É necessário estabelecer uma cultivar com padrão, dentro de cada grupo, para fins de comparação das diversas cultivares.

6. Apesar do número de dias de estresse de água no solo ter sido o fator que mais influenciou a produção de grãos, para a utilização da técnica seria conveniente eliminar o efeito da data do plantio e realizar o estudo em uma só época, provocando diferentes condições de umidade do solo.

7. A grande vantagem desta técnica, de avaliar resistência à seca baseada em dias de estresse hídrico no solo, é que ela permite comparar diretamente o rendimento de cultivares com diferentes datas de floração, as quais podem estar sujeitas a diferentes graus de estresse de água no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Fernando Luis Garrigorry Cassales, do Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA, pelo seu auxílio na utilização e processamento do modelo computacional de balanço hídrico, utilizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARNETT, N.M. & NAYLOR, A.W. Amino acid and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. *Plant Physiol.*, 41:1222-30, 1966.
- BIERHUIZEN, J.F. & DE VOS, N.M. The effect of soil moisture on the growth and yield of vegetable crops. In: REP. CONF. SUPPL. IRRIG. COMM. VI INT. SOC. SOIL SCI., Copenhagen. p.83-92. 1959.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia. *Sistemas de producción de frijol*; informe anual. Cali, Colombia. p.1-64, 1975.
- CHEN, O.; KESSLER, S. & MONSELISE, S.P. Studies in water regime and nitrogen metabolism of citrus seedlings grown under water stress. *Plant Physiol.* 39:386-97, 1964.
- HURD, E.A. Plant breeding for drought resistance. In: ----- . *Water deficits and plant growth*. New York, Academic Press, 1976. v.4, p.317-53.
- KATTAN, A.A. & FLEMING, J.W. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 68:329-42, 1956.
- MCMICHAEL, B.L. & ELMORE, C.D. Proline accumulation in water stressed cotton leaves. *Crop Sci.*, 17:905-8, 1977.

NELSON, W.E. *The effect of soil moisture stress at critical stages of some vegetable crops.* New Jersey, Rutgers St. Univ., 1962. Tese.

RICHARDSON, C.W. & RITCHIE, J.T. Soil water balance for small water sheds. *Trans. ASAE.*, 16:72-7, 1972.

SILVEIRA, P.M.; CASTRO, T.A.P. & STONE, L.F.

Idade de floração e vingamento de flores em duas cultivares de feijão. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15(2):229-32, 1980.

SULLIVAN, C.Y. Techniques for measuring plant drought stress. In: *CROP. SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Drought injury and resistance in crops.* Madison, 1971. p.1-18. (Special Publication, 2).