

DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM FEIJOEIRO.

I. ANÁLISE DE CRESCIMENTO E FENOLOGIA¹

HOMERO BERGAMASCHI², HAMILTON J. VIEIRA³, JOSÉ C. OMETTO⁴,
LUIZ R. ANGELOCCI e PAULO L. LIBARDI⁵

RESUMO - Em experimento de campo, conduzido em 1983 em Piracicaba, SP, com latitude de 22°43'30" sul e altitude de 576 m, foram avaliados parâmetros de crescimento e a fenologia do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). A cultivar Aroana 80, foi semeada em 07.07, 22.07 e 04.08. Durante uma estiagem (25.09 a 12.10), a metade do experimento foi submetida a déficit hídrico no solo. A duração do ciclo não foi afetada quando o estresse hídrico ocorreu a partir do final do enchimento de grãos. Porém, a maturação foi apressada quando o déficit se deu após a emissão dos primeiros legumes, e retardada quando o estresse ocorreu durante a formação dos botões florais e a floração. A taxa de crescimento da cultura e a taxa assimilatória líquida foram reduzidas durante um período de precipitações freqüentes, alta nebulosidade e temperaturas relativamente baixas (1° a 24.09). Também decresceram juntamente com o índice de área foliar, sob déficit hídrico, da formação dos botões florais ao enchimento de grãos. A deficiência hídrica causou abscisão de órgãos reprodutivos, menor expansão foliar e menor crescimento das plantas. Estas respostas foram mais evidentes em plantas menos desenvolvidas. Houve variação estacional da área foliar específica, inversa à demanda evaporativa da atmosfera.

Termos para indexação: cultivar, *Phaseolus vulgaris*, estresse hídrico, solos, enchimento de grãos.

WATER DEFICIT IN COMMON BEANS I. GROWTH ANALYSIS AND PHENOLOGY

ABSTRACT - Growth parameters and phenology of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were evaluated in 1983 under different soil moisture conditions in a field experiment conducted at Piracicaba, SP, Brazil, 22°43'30" south latitude and 576 m altitude. Common beans cv. Aroana 80 were sown in three dates: July 7, July 22 and August 4. During a period without rain (Sept. 25 to Oct. 12), half of the plants, in various growth stages, were kept under soil water deficit. Water deficit by the end of the grain filling period did not affect cycle duration. However, the maturation was hastened when the stress happened after the beginning of pod setting and delayed when it occurred during the flower bud setting and flowering. Crop growth rate and net assimilation rate were reduced during a period of high precipitation, high cloudiness and low air temperature (Sept. 1 to 24). They also decreased together with leaf area index under water deficit, from the flower bud setting up to beginning of grain filling. Water deficit conditions caused reproductive organs abscission, lower leaf enlargement, and lower crop growth. This behavior was more evident in plants less developed. The specific leaf area was higher in rain periods with low solar radiation and high air humidity.

Index terms: cultivar, *Phaseolus vulgaris*, water stress, soils, grain filling.

INTRODUÇÃO

A produção de matéria seca do feijoeiro sofre reduções sob déficit hídrico, maiores do que a própria transpiração, sugerindo que, além do

efeito direto da resistência estomática à difusão gasosa, a fotossíntese também é afetada pelo aumento da temperatura da folha, decorrente do fechamento estomático (Millar & Gardner 1972, Sale 1975). Por outro lado, a expansão foliar também é reduzida (Lopes et al. 1986), e este processo é mais sensível do que os movimentos estomáticos e a fotossíntese, indicando limitações no emprego da resistência à difusão gasosa em caracterizar o estresse hídrico (Boyer 1970, Ritchie 1981).

Além da redução da superfície foliar, em resposta ao déficit hídrico, muitas espécies, dentre elas o feijoeiro, podem alterar a orientação das folhas, posicionando-as mais ou menos paralela-

¹ Aceito para publicação em 11 de fevereiro de 1988
Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)/Universidade de São Paulo (USP), nov./84.

² Eng. - Agr., Dr., Fac. de Agron./Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS, Bolsista do CNPq.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMPASC, Chapecó, SC.

⁴ Eng. - Agr., Dr., ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

⁵ Eng. - Agr., Dr., ESALQ/USP. Piracicaba, SP, Bolsista do CNPq.

mente aos raios solares, em movimentos de para-heliotropismo. Este mecanismo, juntamente com o fechamento estomático, é importante para reduzir a perda de água do vegetal (Dubetz 1969, Lawn 1982).

Em geral, as taxas de produção de matéria seca e de assimilação líquida do feijoeiro são reduzidas com o aumento do déficit hídrico (Millar & Gardner 1972, Brandes et al. 1973, Lopes et al. 1986). Em termos de respostas a déficits hídricos em diferentes estádios, de maneira geral, essa leguminosa tem demonstrado ser altamente sensível durante a floração e o início de formação de legumes, muito embora responda também durante o enchimento de grãos e, em menor escala, no crescimento vegetativo. Fischer & Weaver (1974) observaram que fatores capazes de reduzir o estresse de água na planta, como alta umidade no solo e no ar e baixa temperatura noturna, favorecem a formação e a retenção de legumes, promovendo boa germinação do pólen. Abscisão de legumes, má formação de grãos e rendimentos reduzidos têm sido associados com altas temperaturas e estresse hídrico durante a floração e o desenvolvimento de grãos (Kemp et al. 1974).

Quanto ao efeito de estresse hídrico sobre a fenologia do feijoeiro, Robins & Domingo (1956) constataram que, quando o déficit ocorre durante a floração, os feijoeiros antecipam a maturação. Segundo citações de Binnie & Cliford (1981), o desenvolvimento de legumes promove a abscisão das flores e dos legumes jovens formados posteriormente, competindo por fotoassimilados ou outros nutrientes. No Brasil, Lopes et al. (1986) também observaram redução do ciclo do feijoeiro sob déficit hídrico.

Por outro lado, Dubetz & Mahale (1969) observaram que o déficit hídrico na pré-floração retardou a colheita do feijão em uma semana, em relação às plantas submetidas a estresses em pós-floração. Kretchmer et al. (1980) concluíram de forma semelhante, observando que certos materiais genéticos apresentam alto grau de abscisão floral em condições de déficit hídrico, com boa recuperação de rendimento de grãos decorrentes da fixação dos legumes provenientes de gemas secundárias, uma vez suspenso o estresse.

Dentro de um programa maior de pesquisa de

campo, cujo objetivo principal foi avaliar as respostas do feijoeiro ao déficit hídrico e monitorar todo o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera, este trabalho busca caracterizar alguns parâmetros de crescimento e a fenologia da cultura, fornecendo subsídios para outros estudos mais detalhados das relações clima-planta e apoiando a análise das demais respostas ao fator água.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, em Piracicaba, SP. O clima da região é Cwa, pela classificação de Köppen, e o solo do local foi classificado como terra roxa estruturada.

Foi utilizada a cultivar de feijoeiro Aroana 80, de hábito de crescimento indeterminado arbustivo. A semeadura foi feita manualmente em sulcos espaçados de 0,5 m, procurando obter em torno de 200.000 plantas/ha após estabilizada a emergência, o que correspondia a, aproximadamente, dez plantas por metro.

O experimento consistiu de duas parcelas de 30 x 60 m, representadas pelos dois seguintes tratamentos de água: (I) - cultura irrigada sempre que o potencial de água no solo, a 0,15 m, de profundidade, atingisse em torno de -0,05 MPa; (D) - cultura submetida a um período de 17 dias sem nenhuma aplicação de água, a partir de 25 de setembro. O potencial da água no solo foi medido, diariamente, com tensiômetros de cuba de mercúrio, instalados a cada 0,15 m de profundidade até 1,5 m abaixo da superfície, e por gravimetria, nos casos de rompimento da coluna dos tensiômetros.

Dentro de cada parcela, a cultura foi semeada em três épocas (três subparcelas): 07.07; 22.07 e 04.08.83. Assim, o período de estiagem, no qual se diferenciaram os tratamentos de água (I e D), se deu durante o final de enchimento de grãos e maturação fisiológica, na primeira época; formação e desenvolvimento de legumes, na segunda época; formação de botões florais e floração, na terceira época.

A fenologia da cultura foi determinada diariamente, e descrita segundo critérios propostos pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (1983).

Para análise de crescimento, foram coletadas, semanalmente, três amostras de plantas correspondentes a 0,5 m de fila ou 0,25 m², em cada parcela, determinando-se o peso da matéria seca da parte aérea e o índice de área foliar. Este foi calculado através do peso da matéria seca de folhas, multiplicado pela área foliar específica (S_A), e dividido pela área de coleta (0,25 m²). S_A é a razão entre a área foliar (A) e a massa da matéria seca foliar (W_f), sendo determinada em quatro amostras de 50 discos (1,54 cm² cada), por tratamento, retiradas de folíolos representativos de todas camadas do dossel.

As curvas da matéria seca (W) e de índice de área

foliar (A) foram ajustadas através de análises de regressão polinomiais, selecionando o melhor modelo de ajuste através do coeficiente de determinação. Os valores instantâneos da taxa de crescimento da cultura (C_t) foram determinados através da derivada da equação ajustada da matéria seca, na forma de:

$$C_t = \frac{dw}{dt},$$

em que C_t é a taxa de crescimento da cultura ($g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$), W é a massa da matéria seca ($g \cdot m^{-2}$) e t é o tempo (dia).

Valores instantâneos da taxa assimilatória líquida (E_A) foram determinados a partir de valores instantâneos de C_t , anteriormente calculados, e de A (estes obtidos na equação ajustada), pela expressão:

$$E_A = \frac{C_t}{A}$$

em que E_A é a taxa assimilatória líquida ($g \cdot dm^{-2} \cdot dia^{-1}$), C_t é a taxa de crescimento da cultura ($g \cdot dm^{-2} \cdot dia^{-1}$) e A é o índice de área foliar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização termo-pluviométrica do período experimental

O período no qual foi conduzido o experimento caracterizou-se por acentuada variação nos regimes térmico e pluviométrico (Fig. 1). No mês de julho, no qual foram instaladas as parcelas da primeira (07.07) e da segunda época (22.07), houve um curto período chuvoso, com temperaturas do ar relativamente baixas, sendo o restante do mês sem chuvas e com maior temperatura. Todo o mês de agosto foi seco, com temperaturas relativamente baixas no período da semeadura da terceira época (04.08) e com maiores temperaturas no restante do mês; neste mês, a demanda evaporativa da atmosfera se manteve de média a alta, aumentando à medida que a estiagem avançou. O mês de setembro foi chuvoso até o dia 24, com demanda evaporativa e temperatura do ar relativamente baixas. De 25 de setembro a 12 de outubro ocorreu uma estiagem, com apenas 4,1 mm de precipitação no dia 7 de outubro. Este intervalo de tempo, no qual a demanda evaporativa e a temperatura do ar foram elevadas na maioria dos dias, ensejou que fossem aplicados

os níveis diferenciados de disponibilidade hídrica no solo. Durante o restante do mês de outubro e até meados de novembro, alternaram-se períodos chuvosos de baixa demanda evaporativa, com estiagens de curta duração e alta demanda. O final do período (primeira metade de novembro) foi úmido e com alta temperatura no meio (Fig. 1).

Na Fig. 2, podem-se verificar as quedas de potenciais matriciais da água no solo e o rompimento das colunas de mercúrio dos tensiômetros, em profundidades sucessivas, nos tratamentos com déficit hídrico, durante o período de secamento do solo. No restante do período experimental, as precipitações e as irrigações garantiram elevados potenciais, mesmo a 0,15 m de profundidade.

Fenologia

Pela Tabela 1, constata-se que não houve efeito dos níveis de umidade do solo sobre a duração do ciclo, bem como nas datas de ocorrência dos diferentes estádios fenológicos, das plantas correspondentes à primeira época de semeadura. Entretanto, nas duas épocas seguintes, houve efeito do déficit hídrico sobre a fenologia do feijoeiro.

Nas plantas semeadas na segunda época, o déficit de água no solo, que ocorreu após iniciada a floração e se intensificou após a emissão dos primeiros legumes, levou a uma antecipação na maturação fisiológica, em relação ao tratamento irrigado. Foi observado "in loco", ao longo do período de estiagem, que as plantas em cujas parcelas a irrigação não foi suspensa (I) floresceram e desenvolveram legumes e grãos em toda a extensão do caule e das ramificações. Por outro lado, nas parcelas em que o suprimento de água foi suspenso (D) a floração se processou em toda a planta, mas somente os legumes basilares oriundos do primeiro conjunto de flores e emitidos no início da estiagem se desenvolveram e formaram grãos; os demais não se desenvolveram e sofreram abscisão e queda quando ainda rudimentares.

Na observação dos resultados fenológicos relativos à terceira época de semeadura, verificou-se um efeito inverso do estresse hídrico aplicado, em relação à segunda época, ou seja, as plantas que sofreram estresse (D) retardaram a maturação fisiológica. Além disso, houve atraso na formação de legumes e no início do enchimento de grãos,

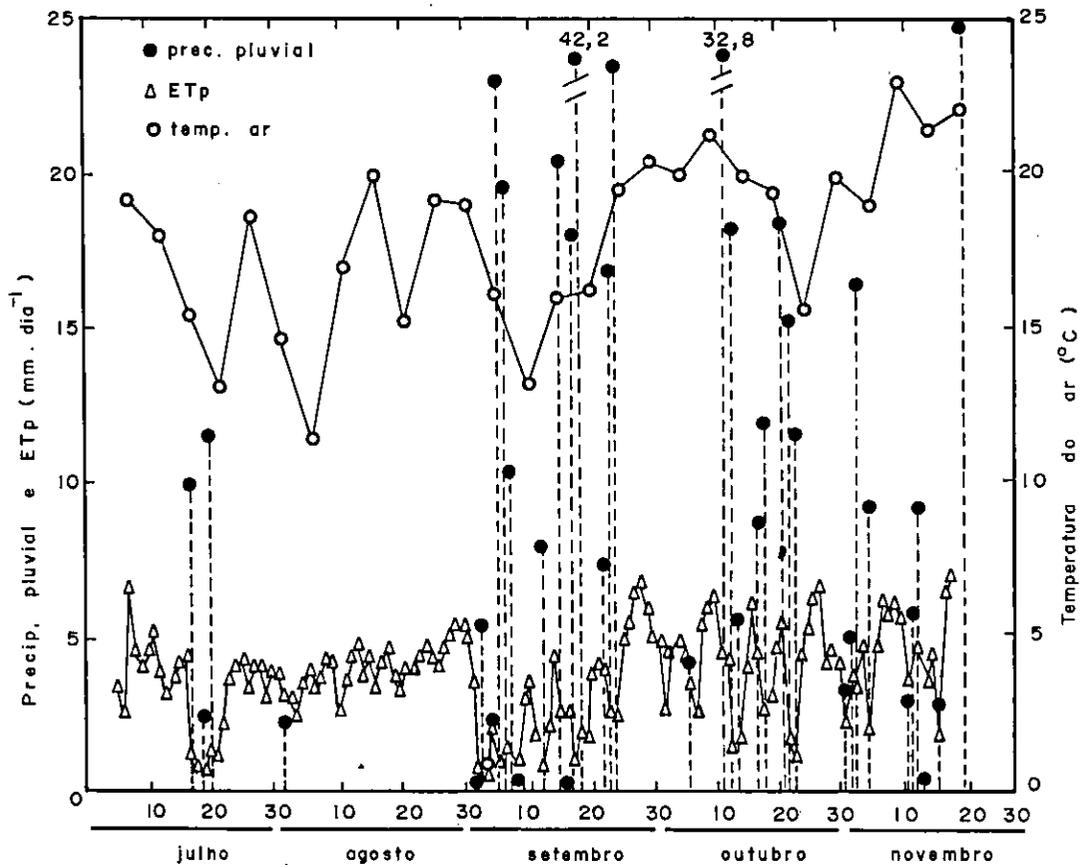


FIG. 1. Precipitação pluvial e evapotranspiração diárias, esta última calculada pelo método de Penman (ET_p), e temperatura do ar média de cinco dias, ao longo do período experimental. Piracicaba, 1983.

em relação às plantas que receberam suplementação de água (I). Durante o período de deficiência hídrica no solo, foi observado que o feijoeiro da terceira época submetido a estresse floresceu, embora em menor intensidade em relação ao tratamento irrigado, porém o desenvolvimento de legumes e grãos sofreu redução, visto que grande parte dos legumes emitidos entraram em senescência e abscisão ainda quando rudimentares. Ao final da estiagem, na amostragem do dia 13 de outubro, a média de massa da matéria seca de legumes e grãos foi de $17,9 \text{ g.m}^{-2}$ no tratamento irrigado, e de $2,41 \text{ g.m}^{-2}$ no tratamento submetido a déficit hídrico.

Conforme foi observado na caracterização das condições meteorológicas do período experimental, além da deficiência hídrica do solo, a temperatura e a demanda evaporativa do ar foram elevadas na maioria dos dias da estiagem durante a qual foi aplicado o tratamento D (Fig. 1). Estas condições atmosféricas devem ter contribuído para a abscisão de órgãos reprodutivos, afetando o desenvolvimento fenológico, o que está de acordo com observações de Fischer & Weaver (1974) e Kemp et al. (1974).

Quanto ao comportamento diferencial da segunda e terceira época de semeadura, há respaldo consistente na literatura. O efeito de antecipação

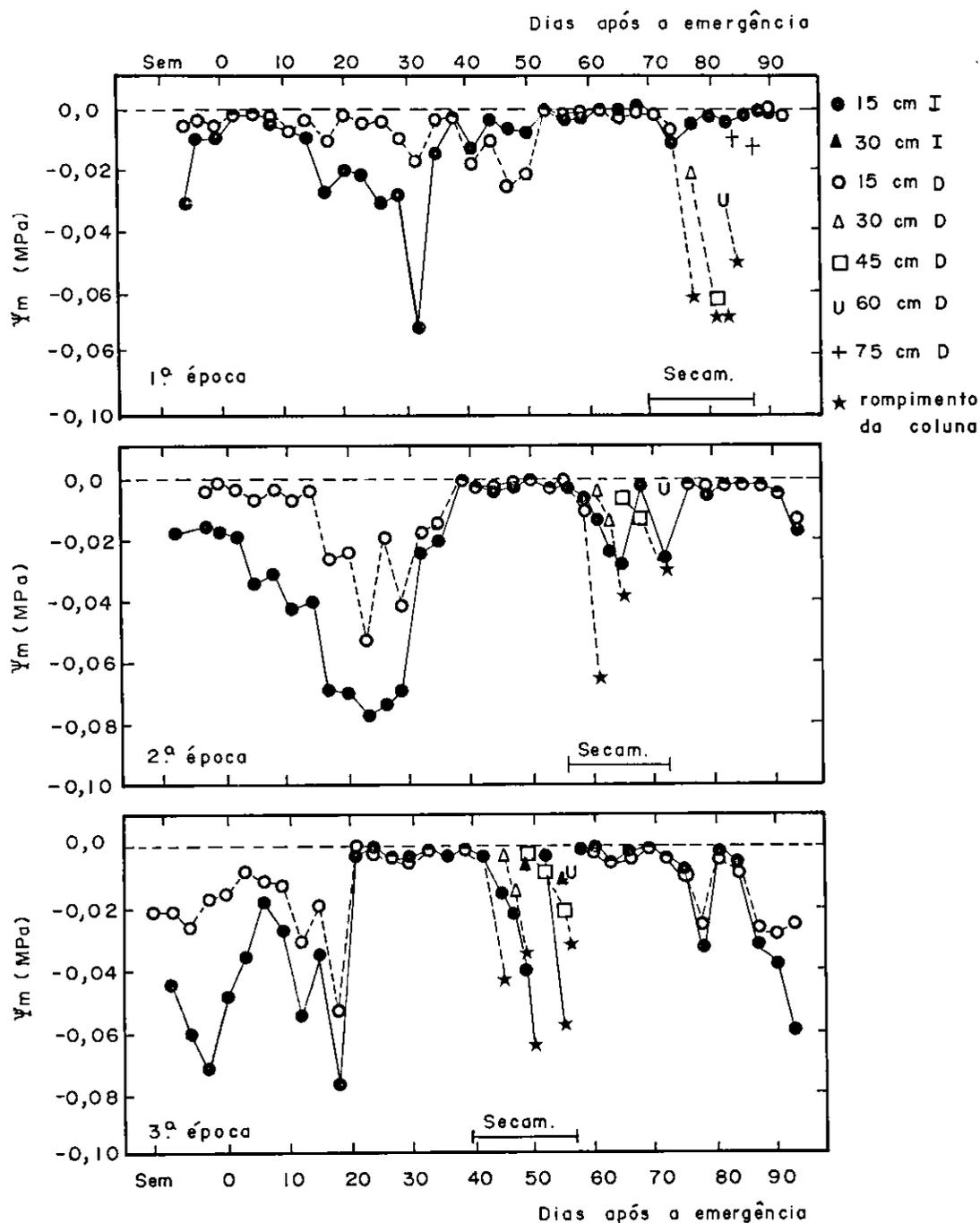


FIG. 2. Potenciais matriciais da água no solo (ψ_m), em diferentes profundidades, ao longo do período experimental, para tratamentos: irrigado (I), com suspensão da irrigação (D), e três épocas de sementeira de feijoeiro. Piracicaba, 1983.

TABELA 1. Caracterização fenológica do feijoeiro cv. Aroana 80, em três épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D).

Símbolo	Denominação	1ª Época		2ª Época		3ª Época	
		I	D	I	D	I	D
V ₀	Germinação ¹	07.07	07.07	21.07	21.07	04.08	04.08
V ₁	Emergência	17.07	17.07	31.07	31.07	16.08	16.08
V ₂	Folhas primárias	19.07	19.07	02.08	02.08	18.08	18.08
V ₃	1ª folha trifoliada	30.07	30.07	15.08	15.08	25.08	25.08
V ₄	3ª folha trifoliada	16.08	16.08	26.08	26.08	06.09	06.09
V ₅	Pré-floração	25.08	25.08	13.09	13.09	27.09	27.09
R ₆	Floração	09.09	09.09	21.09	21.09	02.10	02.10
R ₇	Formação de legumes	16.09	16.09	27.09	27.09	07.10	13.10
R ₈	Enchimento de legumes	22.09	22.09	30.09	30.09	13.10	17.10
R ₉	Maturação	11.10	11.10	24.10	20.10	05.11	11.11

¹ Estádios correspondentes ao início de cada etapa de desenvolvimento, segundo escala proposta por CIAT (1983).

na maturação das plantas da segunda época é coerente com resultados de Robins & Domingo (1956), Lopes et al. (1986) e citações de Binnie & Clifford (1981). Por outro lado, o retardamento na maturação dos feijoeiros da terceira época de semeadura está de acordo com observações experimentais de Dubetz & Mahale (1969) e Kretchmer et al. (1980).

Após o final da estiagem, com as primeiras chuvas, nas plantas da terceira época em que ocorreu deficiência hídrica no solo houve intensa emissão de novas flores e folhas em toda a extensão da planta, oriundas, provavelmente, de gemas secundárias, uma vez que ocorrera abscisão tanto de flores e pequenos legumes como de folhas, originados das gemas primárias. A determinação da maturação fisiológica foi mais difícil neste tratamento, pelo fato de haver ocorrido intensa retenção foliar, talvez provocada por desequilíbrio fonte-dreno dos novos órgãos vegetativos e reprodutivos, desenvolvidos após o reinício das precipitações.

Análise de crescimento

Pela análise dos resultados de acúmulo de matéria seca e de área foliar correspondentes ao tratamento em que não foi aplicada deficiência hídrica no solo (Fig. 3), constata-se que houve diferenças entre as três épocas de semeadura; a

massa de matéria seca da parte aérea (W) atingiu valores máximos mais elevados na terceira e mais baixos na primeira época, enquanto o índice de área foliar (A) máximo foi maior na primeira e menor na segunda época de semeadura. Parece haver incoerência nestes resultados, se for levado em conta o princípio de que a produção de matéria seca de uma comunidade de planta é função da sua fotossíntese líquida que, por sua vez, depende da área foliar, como sugeriram Kuenemann et al. (1979). Entretanto, dois fatores devem ser levados em consideração, ambos decorrentes do prolongado período chuvoso e úmido que ocorreu de 1º a 24 de setembro, como foi descrito anteriormente, cujos efeitos devem ter sido mais evidentes nas duas primeiras épocas de semeadura, principalmente na primeira, por se encontrar em fase de crescimento acelerado. Primeiramente, destaca-se a menor disponibilidade de radiação solar durante este período, em razão de freqüentes e duradouras precipitações de caráter essencialmente frontal, o que determinou nebulosidade e umidade atmosférica altas e temperaturas relativamente baixas. Outra consequência decorrente destas condições meteorológicas foi um surto de ferrugem-do-feijoeiro, *Uromyces phaseoli* (Reben) Wint., cujos primeiros sintomas foram perceptíveis a 30 de agosto nas parcelas da primeira época, e a 15 de setembro nas da segunda época de semeadura. Este ataque, inicialmente leve, se intensificou

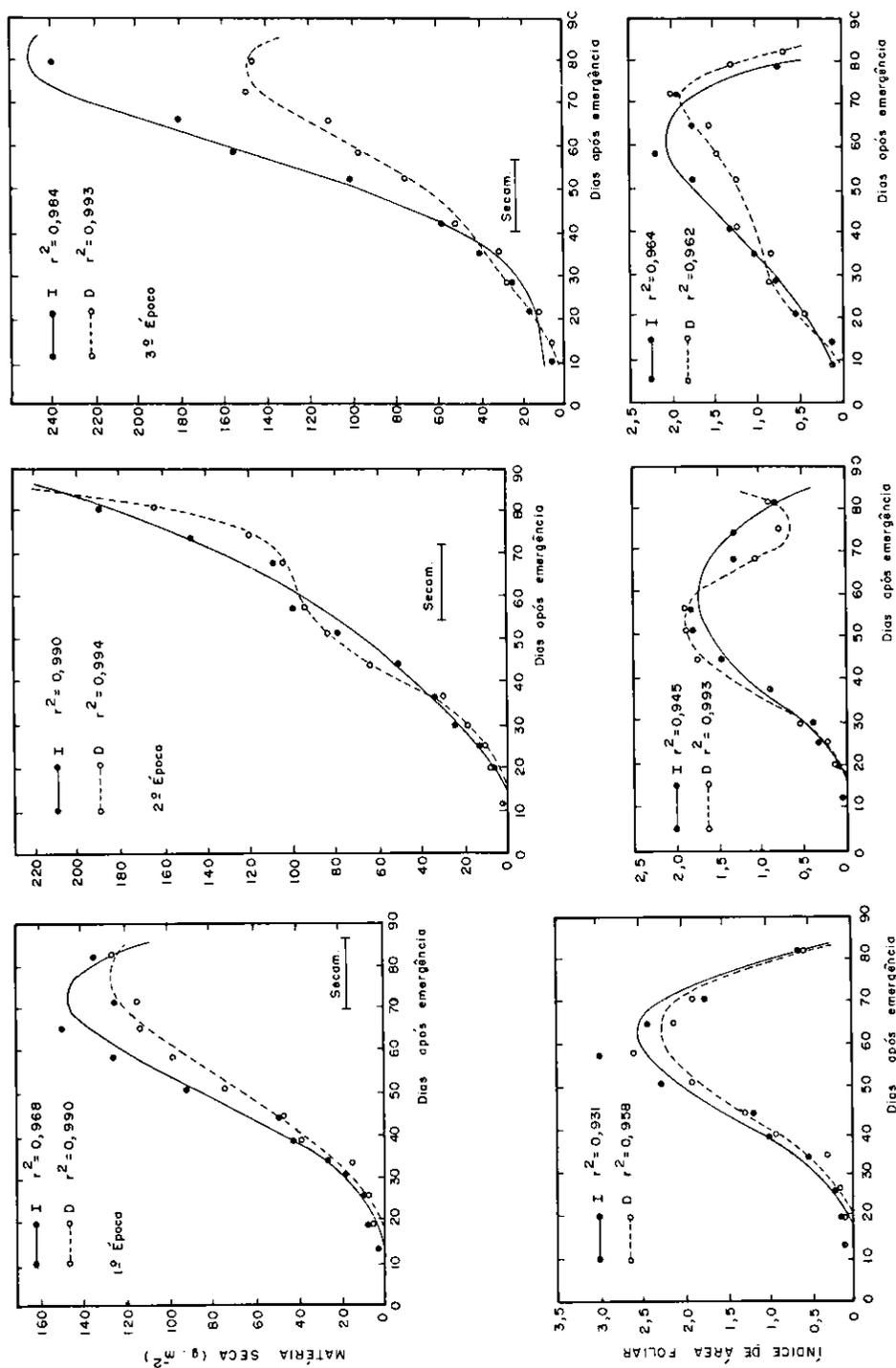


FIG. 3. Massa da matéria seca da parte aérea e índice de área foliar ao longo do ciclo do feijoeiro, cultivar Aroana 80, em três épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão de irrigação (D).

após o dia 15 de setembro, atingindo incidências graduadas visualmente como altas nas parcelas da primeira época, média nas da segunda, e leve nas da terceira época de semeadura, ao final do período chuvoso citado. Durante a estiagem de 25 de setembro a 12 de outubro, foi possível evitar a evolução desta incidência de ferrugem, através da aplicação de fungicida específico. Reduções no acúmulo de matéria seca em feijoeiro, em decorrência de menor disponibilidade de radiação solar, foram descritas por Lopes et al. (1986).

A redução da disponibilidade de água no solo (tratamento D) reduziu o acúmulo de matéria seca da parte aérea e o índice de área foliar dos feijoeiros das segunda e terceira épocas de semeadura (Fig. 3). As diferenças que aparecem nos resultados da primeira época não são devidas a este tratamento, uma vez que elas surgiram bem antes do período de diferenciação dos tratamentos de água.

O menor desenvolvimento das duas primeiras épocas de semeadura, em relação à terceira (Fig. 3), ficou evidenciado pela taxa de crescimento da cultura (C_t) (Fig. 4), o que pode ser atribuído, pelo menos parcialmente, aos fatores moléstia e radiação solar, anteriormente referidos. Os valores baixos da taxa assimilatória líquida (E_A) na segunda metade do ciclo da primeira época (durante o período chuvoso) e o aumento desta ao final do ciclo da segunda época (no período seco) parecem ser coerentes com estas causas, o que concorda com resultados de Lopes et al. (1986). Outros fatores poderão ter contribuído direta ou indiretamente para esse menor desenvolvimento das plantas semeadas nas primeira e segunda épocas: o excesso de umidade no solo durante o período chuvoso pode ter restringido a concentração de oxigênio livre no solo em níveis limitantes ao sistema radicular, também podendo ter lixiviado o nitrogênio não-combinado, entre outros efeitos. A esse respeito, Dasberg & Bakker (1970) e Legarda & Forsythe (1978) ressaltaram a extrema sensibilidade do feijoeiro à umidade excessiva no solo, pela limitação do suprimento de O_2 às raízes, mesmo com saturação durante apenas 24 horas. Por outro lado, observa-se que a falta de mais um ponto de amostragem ao final do ciclo da segunda época de semeadura impediu a inflexão decres-

cente nas curvas de W , C_t e E_A , dando a impressão errônea de crescimento limitado.

O déficit hídrico aplicado reduziu C_t e E_A nas segunda e terceira épocas de semeadura (Fig. 2). Essas respostas parecem ter-se iniciado já na primeira metade do período de estiagem, em ambas as épocas, o que é demonstrado pelos resultados da amostragem feita aos 67 e 52 dias após a emergência, respectivamente (Fig. 3). Nas amostras coletadas no dia 13 de outubro, logo no reinício das precipitações, as diferenças foram ainda mais evidentes, refletindo-se em C_t e E_A .

Em feijoeiro, reduções em C_t e E_A - sendo esta relacionada à própria fotossíntese líquida - podem ser atribuídas a diversos mecanismos de respostas diretas e indiretas. Diminuição na interceptação e na fixação da energia luminosa, tanto por unidade da superfície de terreno quanto por unidade de área foliar, afetam, respectivamente, C_t e E_A . Maiores perdas por respiração nas plantas podem contribuir na redução da assimilação líquida. Além disso, outras causas, tais como menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal, também podem atuar (Dubetz 1969, Millar & Gardner 1972, O'Toole et al. 1974, Sale 1975, Lawn 1982).

Efeitos do déficit hídrico sobre o índice de área foliar nas segunda e terceira épocas de semeadura são evidentes (Fig. 3), o que está de acordo com dados de Lopes et al. (1986). Isto pode ser atribuído a uma menor expansão dos folíolos mais jovens, como, também, à abscisão das folhas inferiores (mais velhas), confirmando observações de Brandes et al. (1973). Movimentos de paraheliotropismo foram observados no campo, nas plantas sujeitas à deficiência hídrica no solo, especialmente em dias e horários com maior densidade de fluxo de radiação solar, salientando-se mais à medida que evolui o processo de secamento do solo, contribuindo para menor interceptação de radiação solar. Mudança na coloração dos folíolos de verde-claro para verde-azulado, em resposta à deficiência de água no solo e à alta demanda atmosférica, também foi observada nas plantas sujeitas a esta condição; este processo foi considerado por Robins & Domingo (1956) como sintoma de déficit hídrico nas folhas e indicativo adequado da necessidade de irrigação.

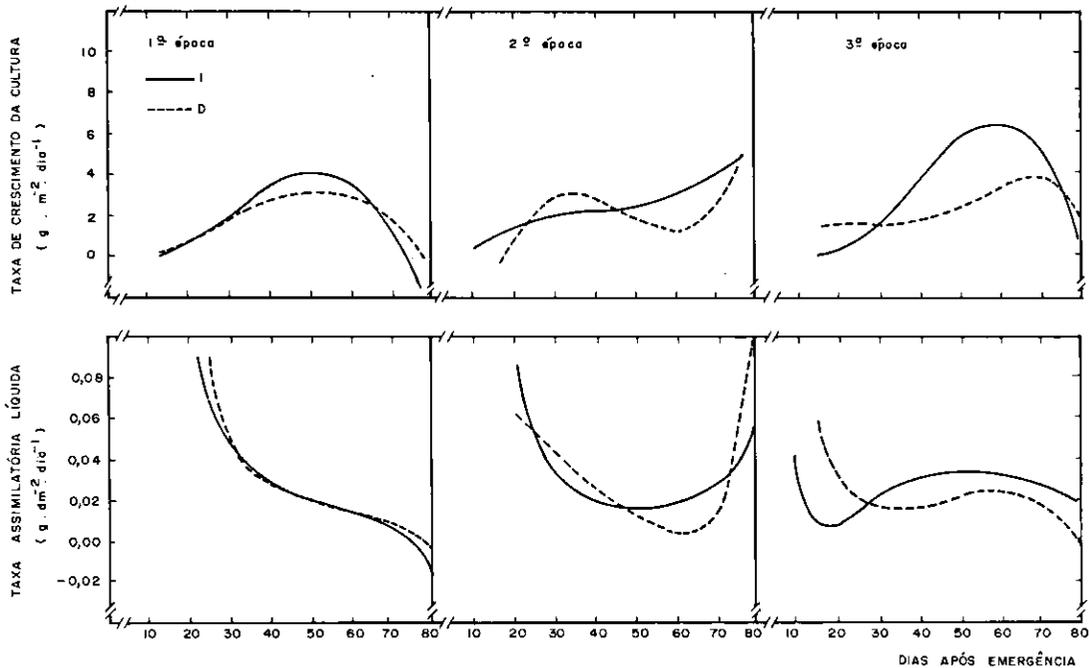


FIG. 4. Taxa de crescimento da cultura e taxa assimilatória líquida ao longo do ciclo do feijoeiro cultivar Aroana 80, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D), em três épocas de semeadura.

As plantas semeadas na terceira época, portanto menos desenvolvidas, responderam mais à deficiência hídrica no solo do que as da segunda época. Robins & Domingo (1956) descreveram resultados semelhantes e apontaram a diferença na extensão do sistema radicular, como causa de maior susceptibilidade das plantas mais jovens ao déficit hídrico.

Considerando que na massa da matéria seca não está incluído o sistema radicular, os dados absolutos de W , C_t e E_A estão subestimados neste trabalho, o que deve ser considerado para propósito de comparação com outros resultados. Erros devidos a alterações na razão parte aérea/sistema radicular, decorrentes de estresses do ambiente, também poderão estar implícitos.

Na Fig. 5 está representada a área foliar específica (S_A) do feijoeiro, nos diferentes tratamentos, em função da idade da planta e dos dias do calen-

dário. Pode-se observar que, independentemente da idade das plantas, a tendência mais consistente na distribuição dos valores se deu em função das datas de amostragem. Esta tendência deve estar relacionada com as condições do meio em que os folíolos se desenvolveram. A área foliar específica (S_A) foi menor em períodos secos e ensolarados, mesmo com irrigação; e maior, durante o período chuvoso de setembro. Estes resultados são coerentes com os dados de Lopes et al. (1986), em que o sombreamento causou aumento de S_A , indicando a tendência de auto-ajustamento do feijoeiro para melhor captação da energia solar, quando esta é limitante. Também parece estar em concordância com as afirmações de Ritchie (1981) de que a expansão foliar é reduzida em dias de alta demanda evaporativa da atmosfera, podendo ficar restrita ao período noturno; é muito provável que esta resposta tenha ocorrido durante as estiagens de agosto e final de setembro a meados de outubro.

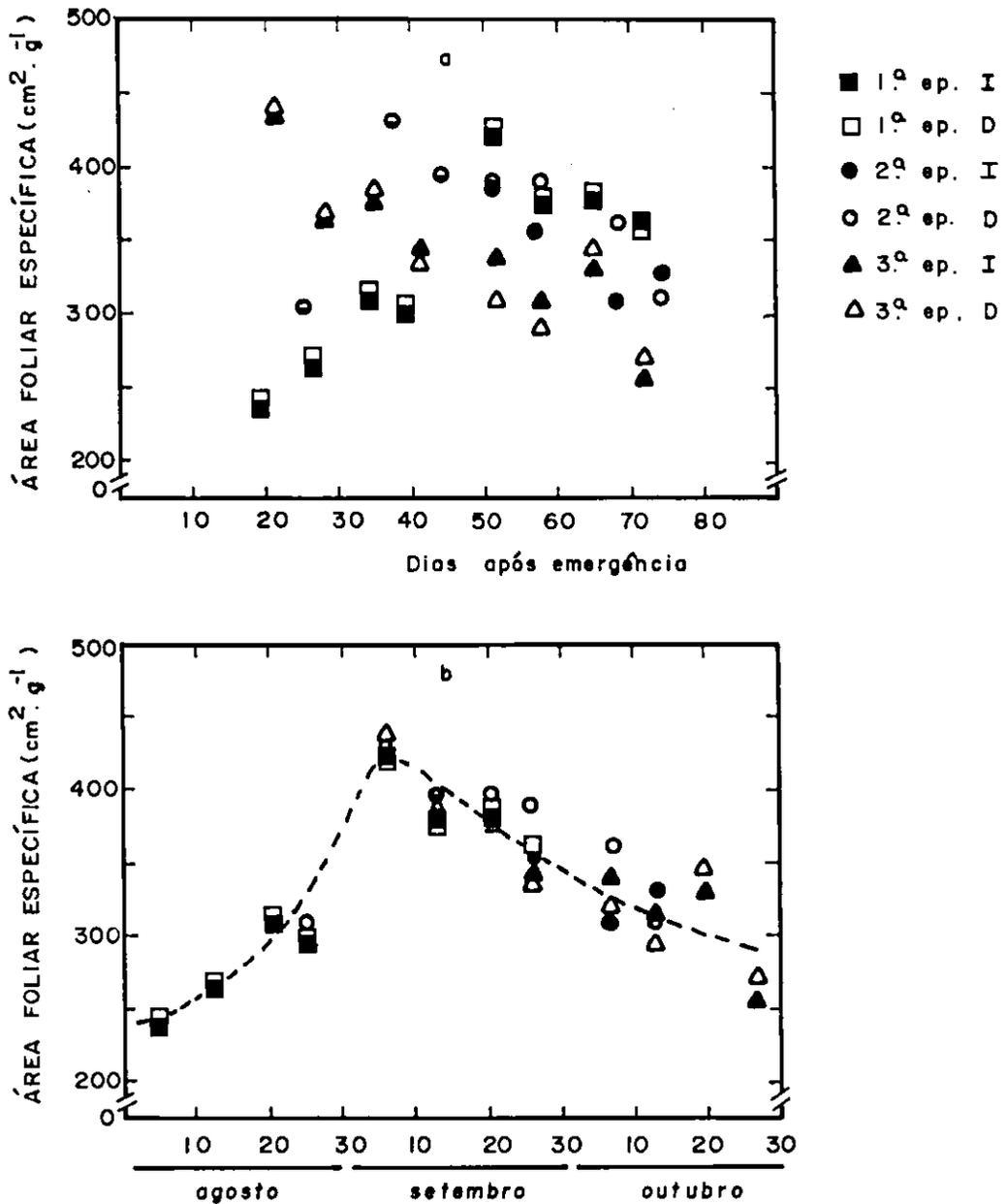


FIG. 5. Área foliar específica das folhas secas do feijoeiro cultivar Aroana 80, em três épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D).

CONCLUSÕES

1. O déficit hídrico não afetou a duração do ciclo fenológico do feijoeiro quando ocorreu no

final de enchimento de grãos e na maturação fisiológica. Entretanto, o estresse por deficiência de água antecipou a maturação quando ocorreu após a emissão dos primeiros legumes e prolongou o

ciclo do feijoeiro quando se deu durante a formação dos botões florais e a floração.

2. Durante um período de intensas e freqüentes precipitações pluviais e alta nebulosidade (1º a 24 de setembro), a taxa de crescimento da cultura e a taxa assimilatória líquida foram reduzidas, quando o feijoeiro se encontrava em rápido desenvolvimento vegetativo.

3. Deficiência hídrica no solo, ocasionada por uma estiagem de 17 dias, causou redução na taxa de crescimento, na taxa assimilatória líquida e no índice de área foliar do feijoeiro durante a floração e emissão de legumes (segunda época) e durante a formação de botões florais e floração (terceira época). Também provocou a abscisão de legumes, menor expansão foliar e menor crescimento de planta. Estas respostas se evidenciaram antes e mais intensamente em plantas menos desenvolvidas.

4. A área foliar específica do feijoeiro foi maior em períodos chuvosos com baixa radiação e elevada umidade atmosférica.

REFERÊNCIAS

- BINNIE, R.C. & CLIFORD, P.E. Flower and pod production in *Phaseolus vulgaris*. *J. Agric. Sci.*, 97:397-402, 1981.
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potential. *Plant Physiol.*, 46:233-5, 1970.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) II - Análise de crescimento. *Experientiae*, 15(1):1-21, 1973.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colômbia. Una escala de desarrollo para el frijol propone el CIAT. Cali, 1983. (Hoja informativa del Programa de Frijol del CIAT, 5, n.2)
- DASBERG, S. & BAKKER, J.W. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth. *Agron. J.*, 62(6):689-92, 1970.
- DUBETZ, S. An unusual photonastism induced by drought in *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.*, 47:1640-1, 1969.
- DUBETZ, S. & MAHALE, P.S. Effect of soil water stress on bush bean *Phaseolus vulgaris* L. at three stages of growth. *J. Am. Soc. Sci.*, 49:479-81, 1969.
- FISCHER, V.J. & WEAVER, C.K. Flowering, pod set, and retention of Bean in response to night temperature, humidity and soil moisture. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 99:448-50, 1974.
- KEMP, G.A.; KROGMAN, K.K.; HOBBS, E.H. Effect of sprinkler irrigation and cooling on yield and quality of snap bean. *Can. J. Plant Sci.*, 54:521-8, 1974.
- KRETCHMER, P.J.; LAING, D.R.; ZULUAGA, S. Uso del termómetro infrarrojo para la selección por tolerancia a sequía en *Phaseolus vulgaris* L. Cali, CIAT, 1980. 10p.
- KUENEMANN, E.A.; WALLACE, D.A.; LUDFORD, P.M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relations to selection for yield. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 104(4):408-12, 1979.
- LEGARDA, L. & FORSYTHE, W. Soil water aeration and red bean production II. Effect of soil aeration. *Turrialba*, 28(3):175-8, 1978.
- LAWN, R.J. Response of four grain legumes to water stress in South-eastern Queensland. I. Physiological responses mechanisms. *Aust. J. Agric. Res.*, 33:481-96, 1982.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; CARDOSO, M.J.; GOMES, M.S.S.; SOUZA, V.F. de. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. *R. Ceres*, 33(186):142-64, 1986.
- MILLAR, R.A. & GARDNER, W.R. Effect of the soil plant potentials on the dry matter production of snap beans. *Agron. J.*, 64:559-62, 1972.
- O'TOOLE, J.C.; OZBUN, J.L.; WALLACE, D.H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant.*, 40:11-2, 1974.
- RITCHIE, J.T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. *Plant Soil*, 58:81-96, 1981.
- ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. *Agron. J.*, 48:67-70, 1956.
- SALE, P.J.M. Productivity of vegetable crops in a region of high solar input. IV. Field chamber measurements of french beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and cabbages (*Brassica oleracea* L.) *Aust. J. Plant, Physiol.*, 24:461-70, 1975.