

## **CRESCIMENTO E CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) CULTIVADA EM DOIS SUBSTRATOS E SUBMETIDA A QUATRO DOSES DE METRIBUZIN<sup>1/</sup>**

Rita de Cássia Pinheiro de Moraes<sup>2/</sup>

Nei Fernandes Lopes<sup>3/</sup>

Eldo Antonio Monteiro da Silva<sup>3/</sup>

Joaquim Joel do Valle Rodrigues<sup>4/</sup>

### **1. INTRODUÇÃO**

Embora o metribuzin seja um herbicida amplamente usado no controle de invasoras da cultura da soja, muitas vezes o seu uso causa sérios danos à própria cultura.

As diferenças na tolerância da soja a esse herbicida podem estar relacionadas, entre outros fatores, com a dose aplicada (3), com a textura do solo (3, 14, 20) e com o cultivar utilizado (1, 4, 5, 8, 24, 25).

A principal rota de absorção do metribuzin aplicado no solo é o sistema radicular, e a translocação para o caule e folhas, é acrópeta, atuando como inibidor fotossintético (26). Sintomas, como clorose ou necrose das plantas injuriadas e redução da área fotossintética total, evidenciam a perda do aparelho fotossintético de plantas tratadas com esse herbicida (28), as quais, evidentemente, terão seu crescimento alterado.

Por meio da análise de crescimento podem-se fazer determinações quantitativas do crescimento e do desenvolvimento da soja (19) e, dessa forma, avaliar a magnitude do efeito do metribuzin sobre as plantas.

O objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito do metribuzin sobre o crescimento e conversão de energia solar de soja cultivada em dois tipos de substrato.

---

<sup>1/</sup> Parte da tese apresentada, pela primeira autora, à Universidade Federal de Viçosa, como uma das exigências do Curso de Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Magister Scientiae". Projeto realizado com o apoio do CNPq.

Aceito para publicação em 06.10.1989.

<sup>2/</sup> Departamento de Botânica da UFPel. 96100 Pelotas, RS.

<sup>3/</sup> Departamento de Biologia Vegetal da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

<sup>4/</sup> Departamento de Fitotecnica da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de soja da variedade Paraná foram cultivadas em dois substratos, solo e solo + areia (3:1), e tratadas com quatro doses de metribuzin (0,0, 0,3, 0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), em casa de vegetação, em Viçosa, MG. As condições do experimento foram as descritas por MORAES *et alii* (13).

Coletas sucessivas foram realizadas durante todo o ciclo da soja, perfazendo um total de nove, as três primeiras e as duas últimas com intervalos de sete dias e as intermediárias com intervalos de 14 dias. A primeira coleta foi realizada sete dias após a emergência. Em cada coleta, as plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em partes e o sistema radicular foi lavado sobre peneira, até a remoção do solo aderente. Para obter a matéria seca, o material vegetal foi colocado em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 75°C, onde permaneceu até atingir peso constante. A área foliar foi determinada pelo medidor portátil de área LICOR, modelo LI-3000. Os estádios de desenvolvimento da soja foram determinados segundo a escala de FEHR e CAVINESS (6).

Os dados primários de matéria seca total ( $W_t$ ) e área foliar ( $A_f$ ) foram submetidos à análise de variância. Curvas logísticas de crescimento (17) foram ajustadas por meio de um programa interativo, para minimizar a variância residual. A equação logística empregada foi  $W_t = W_m / (1 + Be^{-Ct})$ , sendo  $W_m$  a estimativa assintótica do crescimento máximo;  $t$ , o tempo, em dias após a emergência (DAE); e  $B$  e  $C$ , constantes de ajustamentos. Regressão curvilínea das médias de  $A_f$  acumulada em cada coleta foi efetuada com o emprego de polinômios. Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos valores primários de  $A_f$ , de acordo com RICHARDS (17).

Para determinar os valores instantâneos da taxa de produção de matéria seca ( $C_t$ ), empregou-se a derivada da equação ajustada da matéria seca total ( $W_t$ ), em relação ao tempo (16, 17).

Os valores instantâneos da taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ) e da taxa de crescimento relativo de área foliar ( $R_A$ ) foram obtidos por meio das fórmulas  $R_w = C_t / W_t$  e  $R_A = C_t / A_f$ . Para calcular a taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ), foram usados os valores instantâneos de  $C_t$  e  $A_f$ , empregados na equação  $E_A = C_t / A_f$ .

A razão de área foliar ( $F_A$ ) foi determinada a partir de valores instantâneos de  $A_f$  e  $W_t$ , empregados na equação  $F_A = A_f / W_t$ , de acordo com RADFORD (16).

Os valores instantâneos da eficiência na conversão da energia solar ( $\xi$ ) foram determinados a partir da equação  $\xi\% = (100 \times C_t \times \delta) / R_A$ , em que  $R_A$  representa o valor médio diário da radiação solar total incidente, em cal.m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, registrada nos cinco dias anteriores ao  $C_t$  correspondente. O valor calorífico ( $\delta$ ) utilizado foi de 4.460 cal.g<sup>-1</sup>, segundo determinações realizadas por MELGES *et alii* (12).

A radiação solar total incidente na casa de vegetação foi medida por meio de um solarímetro KIPP e ZONEN, modelo CM6, acoplado a um milivoltímetro registrador.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca total ( $W_t$ ) nas plantas de soja cultivadas em dois substratos, solo e solo + areia, e submetidas a quatro doses de metribuzin apresentou tendência logística simples, com três fases distintas: uma inicial, anterior à floração, quando o crescimento foi relativamente lento; uma intermediária, da floração até o início do período de formação das sementes, quando o crescimento foi acelerado, principalmente nas plantas-controle e nas submetidas à dose de 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin,

e uma final, na qual ocorreu o completo desenvolvimento das sementes e a maturação, quando o acréscimo de matéria seca foi muito lento e as curvas se aproximaram de um patamar (Figura 1). Tendências semelhantes foram observadas por HANWAY e WEBER (7). As doses de metribuzin não alteraram essa tendência. No entanto, à medida que as doses aumentaram, diminuiu o acúmulo de  $W_t$ , em ambos os substratos, sendo essa diminuição mais acentuada nas plantas crescidas na mistura de solo + areia. Por outro lado, as plantas-controle e as tratadas com  $0,3 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  de metribuzin apresentaram maior acúmulo de matéria seca total ( $W_t$ ) quando cultivadas em solo + areia (Figura 1).

Isso pode ser explicado pelo fato de a mistura solo + areia apresentar melhor estruturação, proporcionando melhor arejamento para as raízes e aumento no crescimento das plantas. Logo, as plantas-controle e as tratadas com a dose mais baixa mostraram melhor desenvolvimento nesse substrato. No entanto, considerando a areia como material inerte na adsorção de herbicidas, quando é misturada ao solo, sua capacidade adsorviva é diminuída (22). A adsorção e a inativação do metribuzin diminuem com o decréscimo do conteúdo de argila e de matéria orgânica do solo (14, 18, 20, 22), enquanto a sua mobilidade aumenta (14, 18, 20). Portanto, em solos arenosos ou com baixo teor de matéria orgânica e argila, a atividade e a mobilidade do metribuzin aumentam, causando maior fitotoxicidade, por atingir mais rapidamente a zona radicular. Dessa forma, as plantas tratadas com as doses mais altas ( $0,6$  e  $0,9 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) mostraram maior acúmulo de matéria seca quando cultivadas no solo, principalmente em virtude do maior teor de argila (40%) e de matéria orgânica (6%) desse substrato, o que lhe confere maior capacidade de adsorção. Havendo maior adsorção, haverá menor atividade e menor mobilidade do metribuzin e com isso menores quantidades do herbicida ficam livres na solução do solo, à disposição das raízes das plantas. A quantidade e a extensão com que um composto é adsorvido e, subseqüentemente, dessorvido podem determinar sua toxicidade biológica (10).

A taxa de produção de matéria seca ( $C_t$ ), em ambos os substratos, aumentou durante os primeiros 40 e 50 dias da emergência das plantas-controle e das submetidas a  $0,3 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  de metribuzin, chegando a uma taxa máxima, e decrescendo rapidamente em seguida (Figura 2). Verifica-se que as maiores taxas foram obtidas pelas plantas tratadas com  $0,3 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  do herbicida, o que sugere que o metribuzin, em doses subtóxicas, pode aumentar o crescimento das plantas. Nas plantas submetidas às doses de  $0,6$  e  $0,9 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  de metribuzin,  $C_t$  aumentou lentamente, alcançando valores máximos em torno de 70 DAE, valores bem menores que os atingidos pelas plantas-controle e pelas que receberam  $0,3 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  de metribuzin, o que mostra que o herbicida reduziu a taxa de produção de matéria seca e retardou o alcance das taxas máximas. Os valores máximos de  $C_t$ , no substrato solo + areia, foram de  $1,16$ ,  $1,28$ ,  $0,70$  e  $0,07 \text{ g. vaso}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , alcançados aos 48, 45, 98 e 66 DAE e, no solo, de  $1,13$ ,  $1,24$ ,  $0,52$  e  $0,08 \text{ g. vaso}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , alcançados aos 40, 38, 63 e 77 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. Com base nesses resultados, conclui-se que as diferenças estruturais entre os dois substratos tiveram influência sobre a taxa de produção de matéria seca ao longo do ciclo da soja, refletindo diferenças no acúmulo de matéria seca das plantas (Figura 1).

De modo geral, a área foliar (Figura 3) aumentou durante o crescimento e desenvolvimento vegetativo, decrescendo na fase reprodutiva até a maturação final, quando a senescência das folhas passa a superar a emissão de novas folhas. Com o aumento das doses de metribuzin, tanto no solo como em solo + areia, ocorreu redução da área foliar e atraso no alcance da área foliar máxima. Notou-se, no entanto, que a dose de  $0,3$

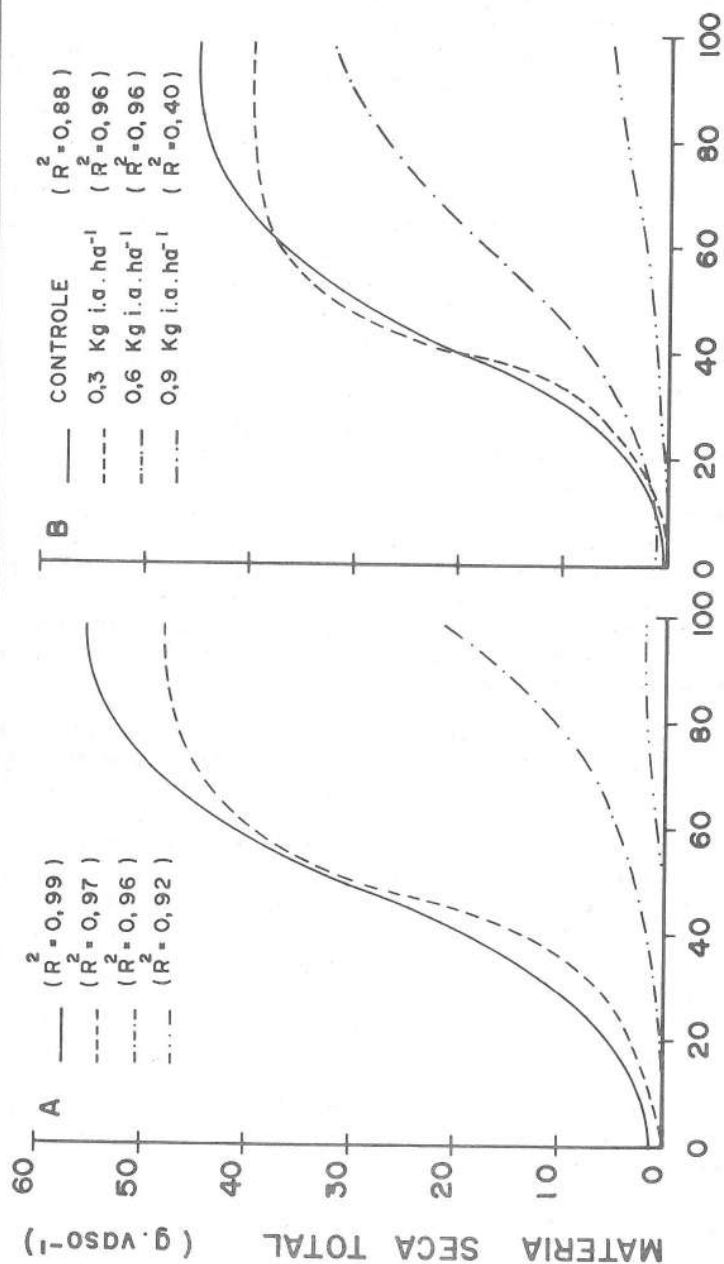
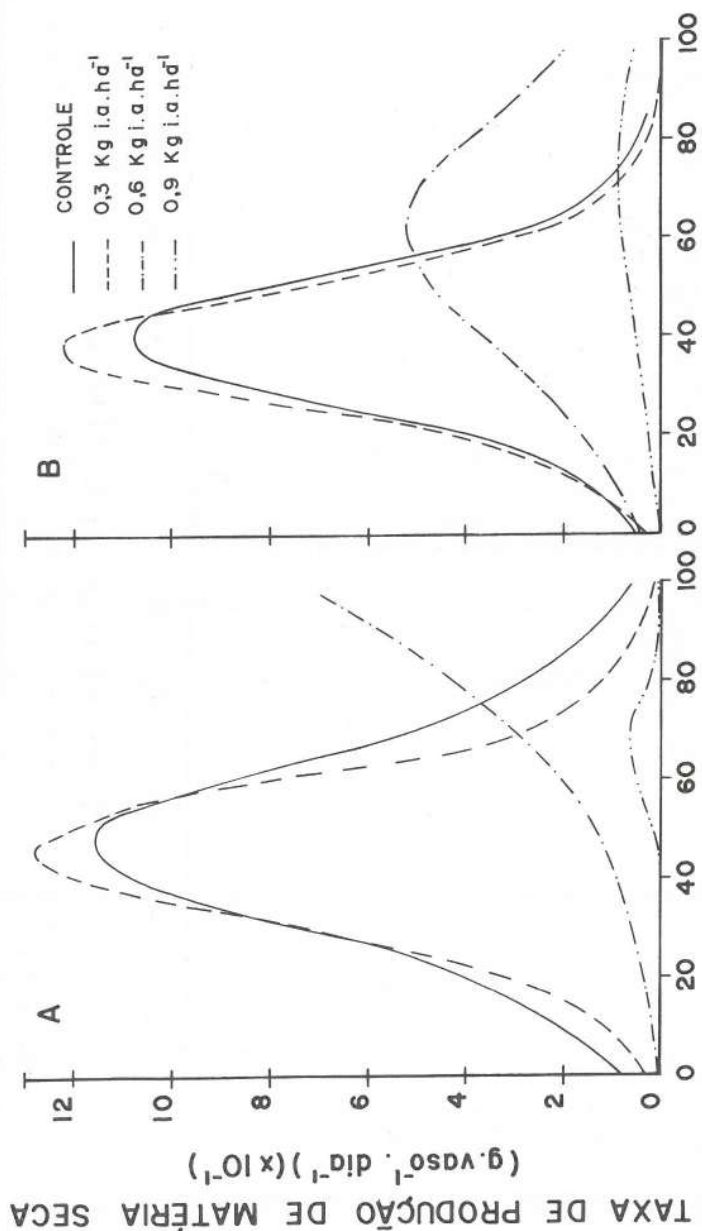


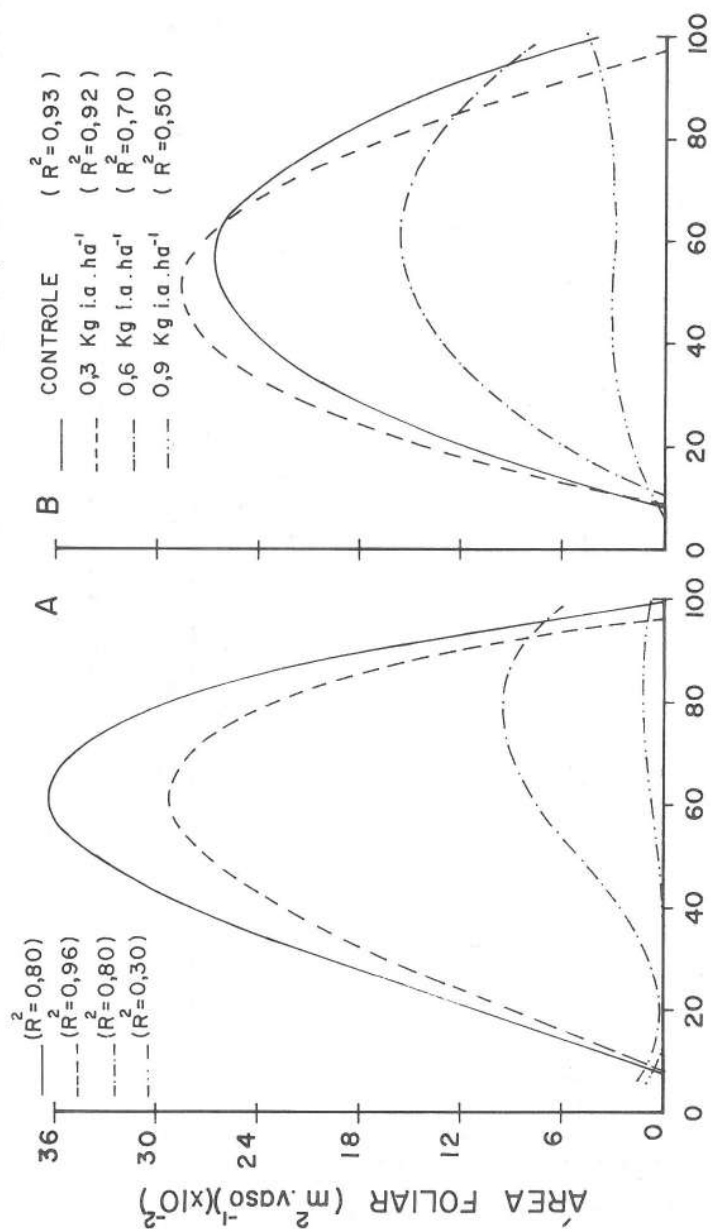
FIGURA 1 - Acúmulo de matéria seca de total em plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.



## DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 2 - Taxa de produção de matéria seca de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.





### DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 3 - Área foliar de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.

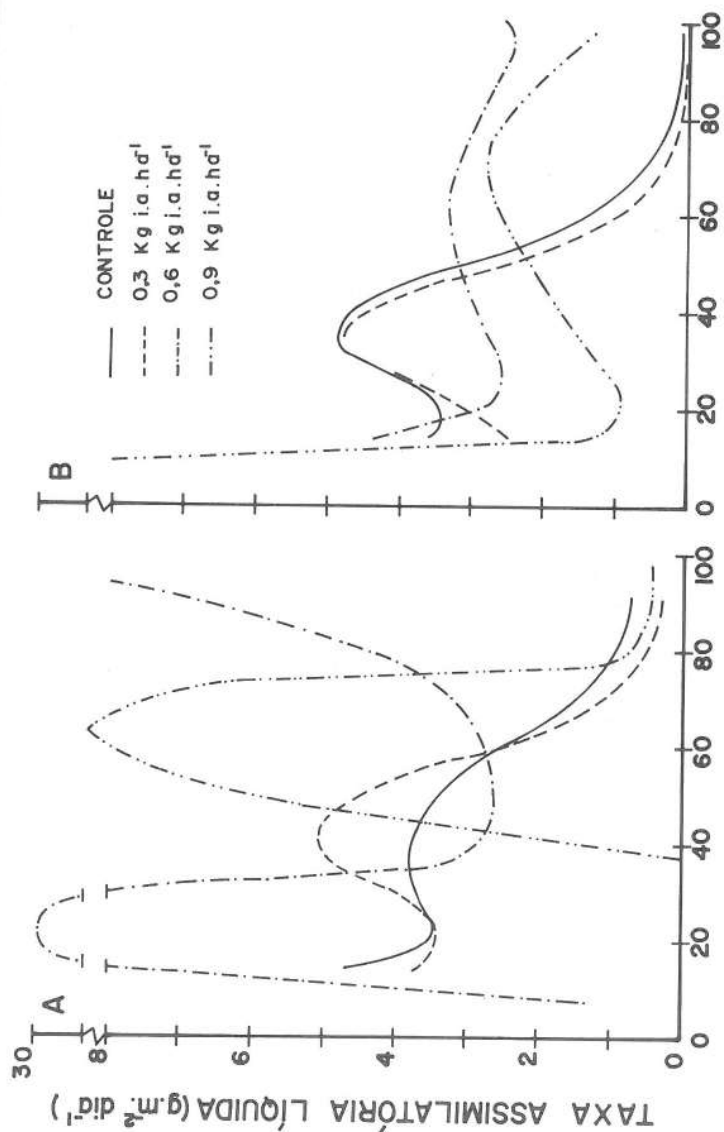
kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin, no solo, provocou pequeno aumento da área foliar. Observou-se, ainda, que com as doses de 0,0 e 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin, valores maiores de área foliar foram obtidos no substrato solo + areia, enquanto, com as doses de 0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup> do herbicida, maior área foliar foi obtida no solo. Isso, provavelmente, por causa de maior inativação do produto no solo, como consequência de sua maior adsorção pelos colóides orgânicos e inorgânicos. Os valores máximos de área foliar no substrato solo + areia foram de 0,364, 0,294, 0,095 e 0,013 m<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>, atingidos aos 62, 62, 79 e 88 DAE; no solo, foram de 0,265, 0,267, 0,156 e 0,042 m<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>, atingidos aos 56, 51, 61 e 98 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. Nota-se que doses maiores do herbicida, além da redução da área foliar, também retardaram o alcance de área foliar máxima.

A importância da área foliar na taxa de produção de matéria seca deve-se à sua influência sobre a interceptação da energia radiante. A taxa de produção de matéria seca é função linear da porcentagem de interceptação da radiação solar, isto é, a energia fixada é diretamente proporcional à energia interceptada pela comunidade de plantas (21). Ainda, BROUGHAM (2) relata que tanto a porcentagem de interceptação da radiação solar como a taxa de produção de matéria seca aumentam com o desenvolvimento da área foliar.

Os valores máximos da taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ), na mistura de solo + areia, foram de 4,7, 5,1, 29,1 e 8,3 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, alcançados aos 14, 40, 21 e 63 DAE; no solo, foram de 4,9, 4,8, 4,4 e 9,4 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, atingidos aos 35, 35, 14 e 7 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin (Figura 4). De modo geral, as curvas de  $E_A$  seguiram de acordo com o esperado, com exceção das doses mais fortes (0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), na mistura de solo + areia, que fugiram do padrão normal. Inicialmente,  $E_A$  apresentou valores mais altos, declinando da fase vegetativa até o início da fase reprodutiva ( $R_1$  e  $R_2$ ), quando mostrou ligeiro aumento, decrescendo novamente, até o final do ciclo. Em condições de campo, SILVA NETO (23) encontrou que os valores de  $E_A$  praticamente não foram influenciados pelas doses de metribuzin (0,0, 0,35, 0,70 e 1,05 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), aplicadas no cultivar Uberaba. Os valores mais elevados de  $E_A$  foram atingidos no estádio  $V_2$ , declinando até  $R_1$  e  $R_2$ , quando apresentaram leve pico, decrescendo posteriormente, até a maturação. Essas discrepâncias em  $E_A$ , neste experimento, em relação aos dados obtidos por SILVA NETO (23), podem ser explicadas pela diferença de tolerância varietal entre a 'Uberaba' (tolerante) (23) e a "Paraná" (medianamente tolerante) (11) e, principalmente, pelas diferenças nas condições ambientais. Assim, as plantas de soja cultivadas em vaso têm volume restrito de solo para crescerem, em comparação com o campo, onde o herbicida pode ficar mais diluído. Além disso, dentro da casa de vegetação a densidade do fluxo radiante é reduzida e as temperaturas diurnas e noturnas são mais elevadas, incrementando a fitotoxicidade do metribuzin (15).

Nesse experimento, o metribuzin ocasionou redução mais drástica em  $A_f$  (Figura 3) do que em  $E_A$  (Figura 4). Embora  $E_A$ , em ambos os substratos, fosse maior, na fase reprodutiva, para as plantas tratadas com doses mais fortes (0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), em relação às mais fracas (0,0 e 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), tal incremento não chegou a compensar a pequena contribuição de  $A_f$  aos valores de  $C_t$  (Figura 2).

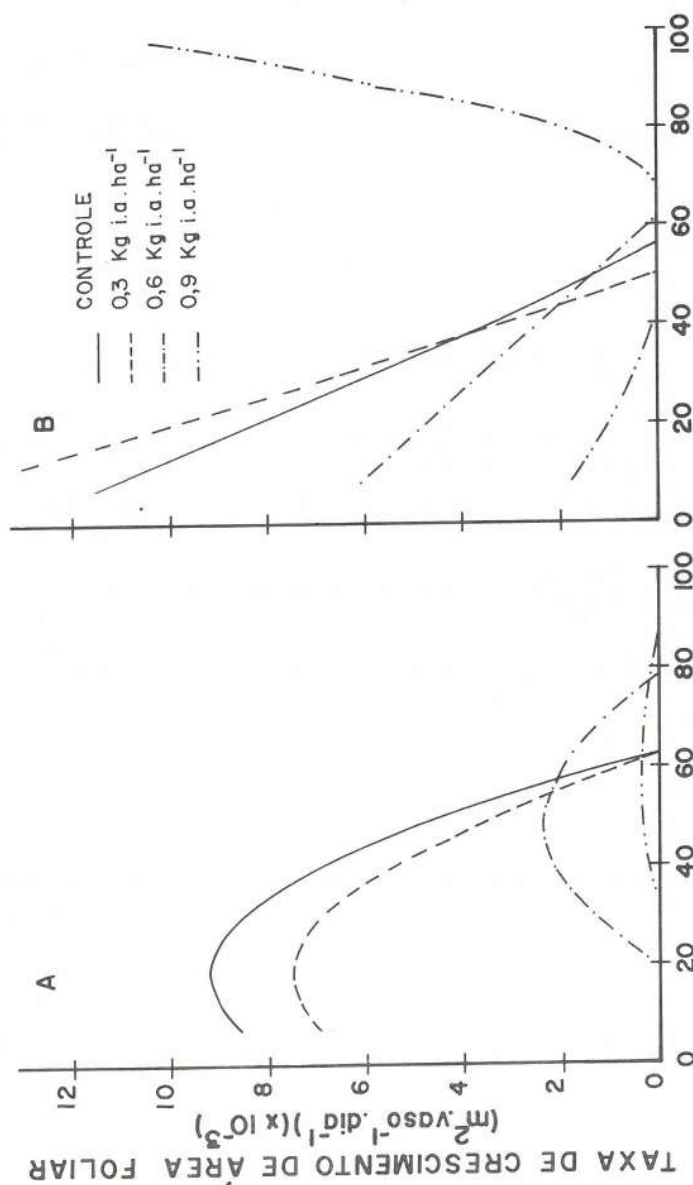
As taxas de crescimento de área foliar ( $C_A$ ) (Figura 5) das plantas tratadas com 0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin, em ambos os substratos, foram menores que as das plantas-controle ou tratadas com 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> do produto, mostrando a influência negativa do herbicida sobre  $C_A$ . Verifica-se que  $C_A$  atinge valores máximos no início do desenvolvimento, diminui com a idade das plantas, atinge valores mínimos no período que coincide com a formação das sementes ( $R_5$ ) e, então, passa a apresentar valores



### DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 4 - Taxa assimilatória líquida de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.





## DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 5 - Taxa de crescimento de área foliar de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin

negativos, o que indica a predominância da senescência foliar sobre o desenvolvimento de novas folhas. Excluem-se desse padrão as plantas tratadas com as doses mais fortes do herbicida na mistura de solo + areia, onde ocorreu defasagem nesse comportamento. Os valores máximos de  $C_A$ , para as plantas cultivadas na mistura de solo + areia, foram de 0,0092, 0,0075, 0,0024 e 0,000036  $m^2 \cdot vaso^{-1} \cdot dia^{-1}$ , alcançados aos 21, 21, 49 e 63 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. Para as plantas crescidas no solo, esses valores foram de 0,0115, 0,0147, 0,0062 e 0,0019  $m^2 \cdot vaso^{-1} \cdot dia^{-1}$ , alcançados aos 7, 7, 7 e 98 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. O fato de as plantas submetidas à dose de 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin apresentarem valores máximos de  $C_A$  aos 63 e 98 DAE, em solo + areia e no solo, respectivamente, mostra que o herbicida, nessa dose, provoca forte atraso no desenvolvimento das plantas ou pode, ainda, significar tentativa de recuperação das plantas, já que a fitotoxicidade inicial foi muito alta, principalmente no solo onde as plantas tratadas com 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup> do produto atingiram valor máximo elevado, 0,0104  $m^2 \cdot vaso^{-1} \cdot dia^{-1}$ , aos 98 DAE, semelhante ao máximo atingido pelas plantas-controle. Considera-se esse comportamento como recuperação de plantas fortemente inibidas no início do seu desenvolvimento.

Os valores máximos da taxa de crescimento foliar relativo ( $R_A$ ) foram atingidos nos primeiros estádios de desenvolvimento da soja, predominantemente no estágio V<sub>3</sub> (em torno de 14 dias). Posteriormente, de acordo com a idade das plantas, essas taxas decresceram, atingindo até valores negativos (Figura 6). As maiores taxas de  $R_A$  das plantas crescidas no solo + areia foram de 0,165, 0,161, 0,202 e 0,144  $m^2 \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ , alcançados aos 14, 14, 21 e 49 DAE. Para as plantas crescidas no solo, foram de 0,157, 0,167, 0,048 e 0,106  $m^2 \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ , atingidos aos 14 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. Com relação às plantas-controle e às tratadas com 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin, não houve diferenças entre os tratamentos, nem entre os substratos em que foram cultivadas. As plantas submetidas às doses de 0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin apresentaram maiores taxas de  $R_A$ , quando cultivadas na mistura de solo + areia. No entanto, essas plantas mostraram um retardo no atingimento de valores máximos, em relação às plantas cultivadas no solo e submetidas às mesmas doses, na tentativa de recuperação da forte fitotoxicidade inicial causada pelo metribuzin.

Na Figura 7 vê-se a tendência da taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ). Observa-se que, assim como nas demais características de crescimento analisadas, as curvas que representam as doses de 0,0 e 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin são praticamente semelhantes nos dois substratos, ocorrendo, até, nos estádios iniciais, valores maiores de  $R_w$  para as plantas tratadas com 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> do produto. Isso pode ser explicado pelo fato de que esse herbicida, em doses subletais, pode aumentar o crescimento das plantas. As curvas representativas dessas duas doses mostraram valores iniciais relativamente altos, até aproximadamente o estágio V<sub>4</sub> (21 DAE), passando, então, a decrescer rapidamente. Em torno dos estádios R<sub>5</sub> (solo) e R<sub>6</sub> (solo + areia), começou uma fase de declínio mais lento, até a maturação, porém com valores sempre positivos. Nota-se ainda que, nessas doses, plantas cultivadas no solo apresentaram valores maiores de  $R_w$  do que os das plantas cultivadas na mistura solo + areia. As plantas submetidas às doses mais fortes (0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>) de metribuzin e cultivadas no solo mostraram a mesma tendência das plantas submetidas às doses mais fracas (0,0 e 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), porém apresentaram taxas menores de  $R_w$  e decréscimo mais lento. As plantas cultivadas em solo + areia e submetidas à dose de 0,6 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin mostraram que essa dose afetou-lhes o crescimento normal, levando a uma taxa praticamente constante, pois, embora ajustado por uma equação logística, dentro do curso do experimento, o acúmulo de matéria seca aproximou-se de uma tendência exponencial (Figura 1). As

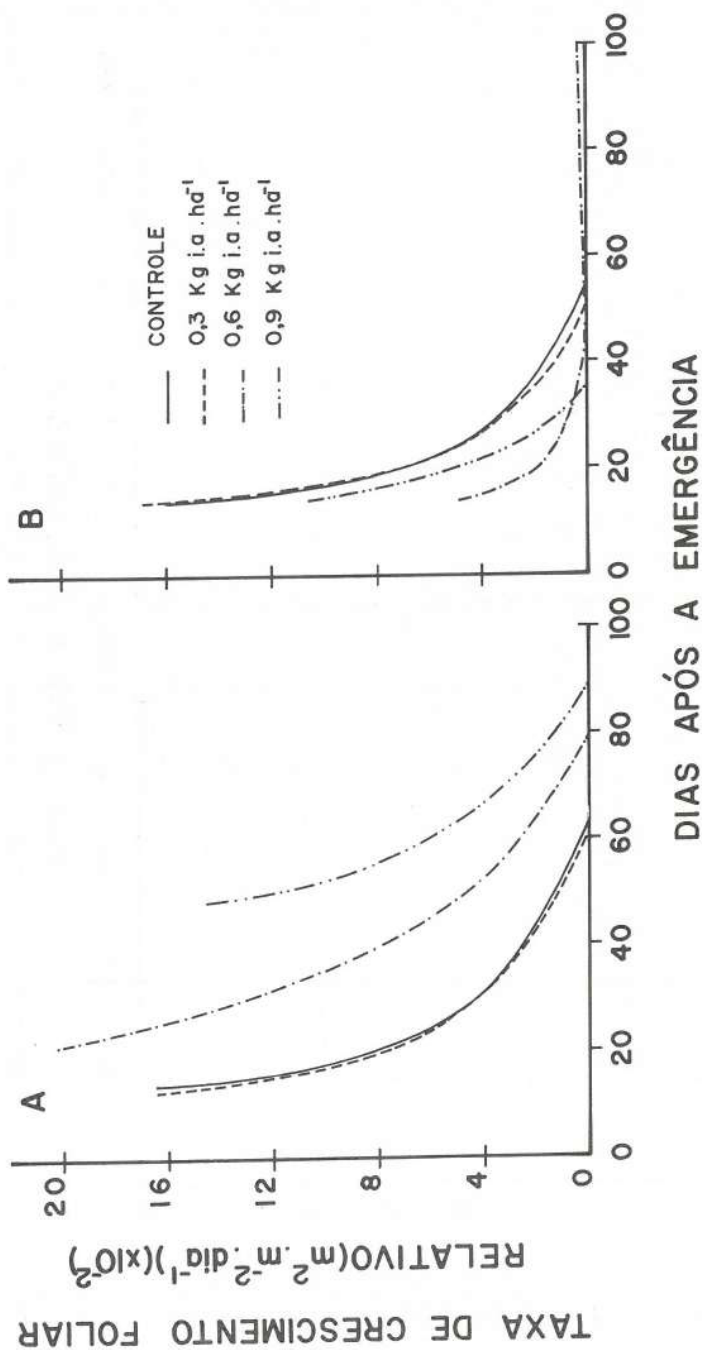


FIGURA 6 - Taxa de crescimento foliar relativo de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.

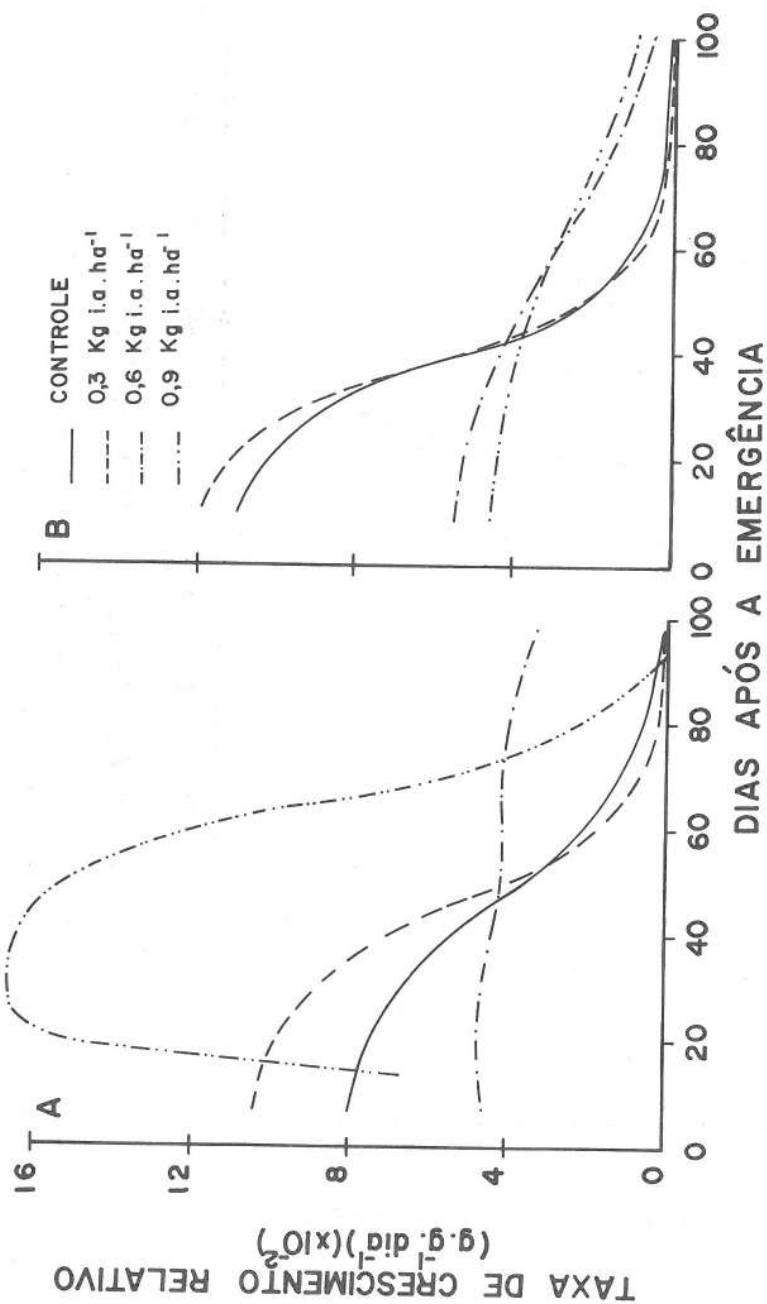


FIGURA 7 - Taxa de crescimento relativo de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + areia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.

plantas tratadas com  $0,9 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  de metribuzin sofreram estresse inicial muito forte, o que pode ser evidenciado pelas altas taxas iniciais, que, porém, logo em seguida, decresceram rapidamente. Observa-se que, no solo, o efeito fitotóxico do herbicida foi menor do que no solo + areia, o que pode ser explicado pelo fato de que, no solo, o herbicida é mais adsorvido e, conseqüentemente, se torna menos disponível para as plantas. Os valores máximos de  $R_w$ , para as plantas cultivadas no solo + areia, foram de 0,080, 0,104, 0,046 e  $0,167 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , atingidos aos 7, 7, 14 e 35 DAE. Para as plantas cultivadas no solo, foram de 0,111, 0,121, 0,056 e  $0,047 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , atingidos no dia da emergência, em ordem crescente de doses de metribuzin. Esses valores se aproximam muito da taxa máxima obtida por KÖLLER *et alii* (9) e são maiores que os obtidos por SILVA NETO (23) com metribuzin. A forte tendência de decréscimo dos valores de  $R_w$  com a ontogenia das plantas, é resultado, em parte, do aumento gradativo de tecidos não-assimilatórios (27).

Os valores da razão de área foliar ( $F_A$ ) (Figura 8) foram maiores, durante a fase vegetativa, com todas as doses, no solo, e com as doses mais fracas na mistura solo + areia. Esse padrão indica que, progressivamente, menor quantidade de assimilados foi envolvida na produção de  $A_f$ , embora  $A_f$  tenha passado por um máximo, aproximadamente entre os estádios  $R_4$  e  $R_5$  (vagem completamente desenvolvida e início de formação da semente). Observa-se ainda que, de modo geral, as plantas tratadas apresentaram valores de  $F_A$  superiores aos das plantas-controle, o que indica que houve redução mais acentuada na produção e participação de assimilados do que na área foliar (Figura 3). Na mistura de solo + areia, em virtude da forte fitotoxicidade inicial do metribuzin, nas doses mais elevadas ( $0,6$  e  $0,9 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ), as curvas de  $F_A$  seguiram tendência um pouco discrepante da normal, ocorrendo deslocamento com o tempo, o que sugere tentativa de recuperação das plantas no final do experimento.

A eficiência na conversão de energia solar ( $\xi$ ) em fotoassimilados diminuiu com o aumento das doses de metribuzin (Figura 9). Os valores máximos de  $\xi$  na mistura de solo + areia foram de 2,37, 2,32, 1,85 e 0,14%, atingidos aos 60, 51, 98 e 63 DAE; no solo, foram de 2,14, 2,48, 1,39 e 0,21%, alcançados aos 30, 30, 60, 60 DAE, em ordem crescente de doses de metribuzin. Enquanto os valores médios de  $\xi$  durante o ciclo da cultura, na mistura de solo + areia, foram de 1,14, 0,99, 0,48 e 0,03%, no solo foram de 0,83, 0,83, 0,67 e 0,12%, em ordem crescente de doses de metribuzin. Observa-se que, entre as plantas tratadas com  $0,3 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  e as plantas-controle, praticamente não houve diferenças nos valores de  $\xi$  entre os substratos. Essas plantas mostraram forte declínio de  $\xi$ , aproximadamente a partir do 60º DAE, estágio  $R_2$ , no solo, o qual pode ser atribuído a alterações no metabolismo das folhas inferiores, quando as taxas de degradação começaram a ser maiores que as taxas de síntese. Assim, a eficiência do aparelho fotossintético vai declinando à medida que o sistema biológico envelhece (12).

O efeito do metribuzin tornou-se evidente, no entanto, nas doses de 0,6 e  $0,9 \text{ i.a.ha}^{-1}$ , com valores muito baixos de  $\xi$ , principalmente nas plantas submetidas a  $0,9 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  do produto. Houve um deslocamento das curvas de  $\xi$  em relação ao tempo, nas doses mais elevadas de metribuzin, em ambos os substratos. Como o metribuzin é um herbicida cujo mecanismo de ação envolve inibição da reação de Hill (26), doses elevadas desse herbicida diminuem a eficiência fotossintética das plantas.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

O crescimento e a eficiência na conversão da energia solar foram estudados em soja, variedade Paraná, cultivada em casa de vegetação, crescida em dois substratos (solo



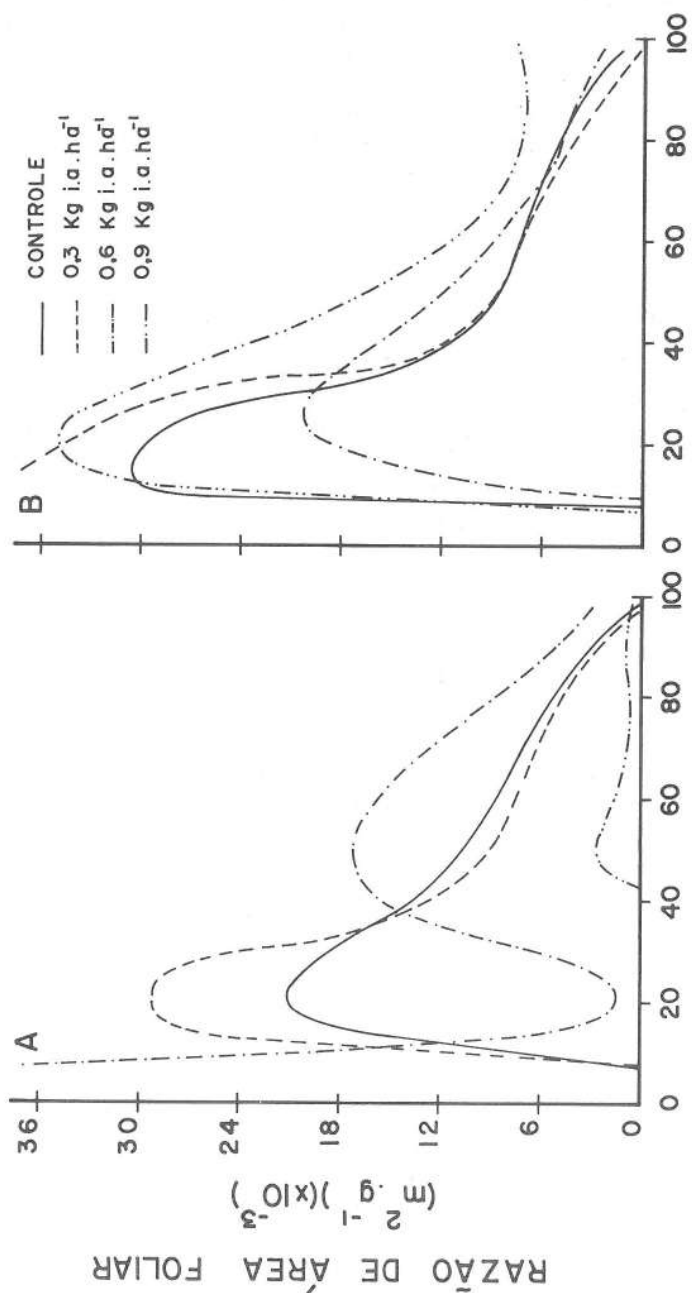
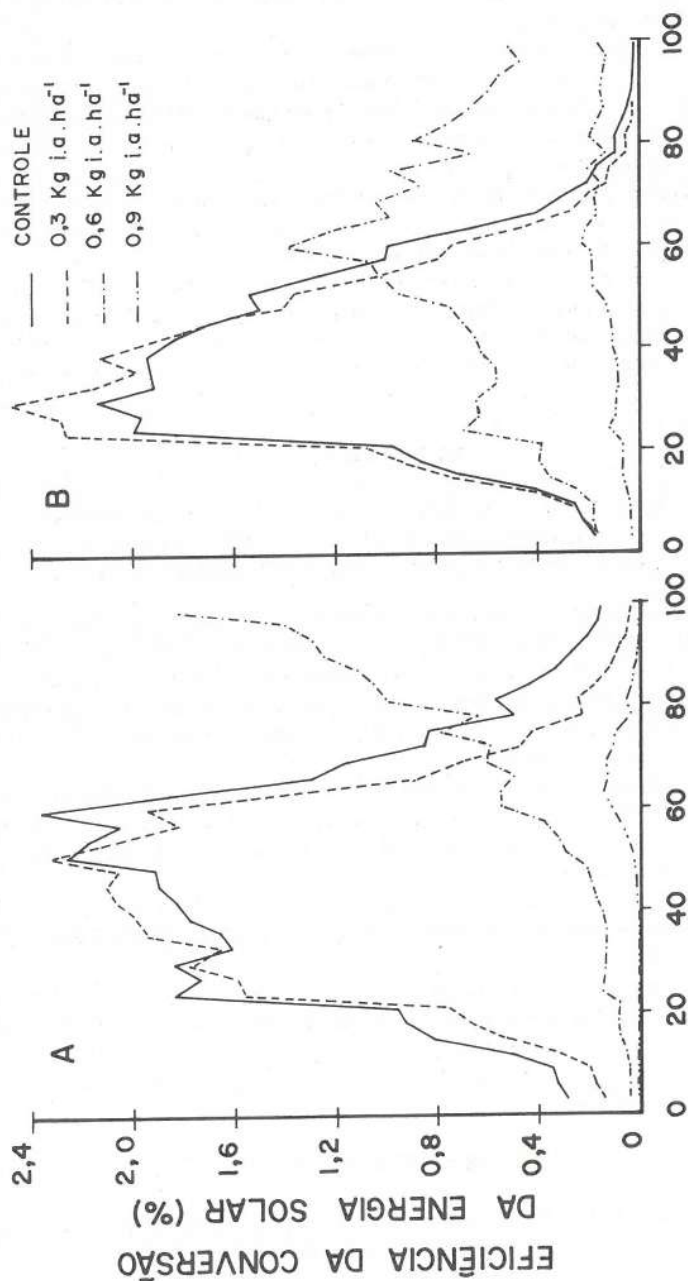


FIGURA 8 - Razão de área foliar de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + arcia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.



### DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 9 - Eficiência na conversão da energia solar de plantas de soja crescidas em dois substratos (A = solo + arcia (3:1) e B = solo) e submetidas a quatro doses de metribuzin.

e solo + areia, e submetida a quatro doses de metribuzin (0,0, 0,3, 0,6 e 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>). As diferenças estruturais entre os dois substratos, solo (6% de matéria orgânica e 40% de argila) e solo + areia (4% de matéria orgânica e 29% de argila), tiveram influência no crescimento da soja.

Todas as características de crescimento foram reduzidas e suas taxas máximas retardadas pelo incremento das doses de metribuzin. Nas doses mais fortes, o metribuzin provocou redução mais acentuada na área foliar ( $A_f$ ) do que na taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ), mas  $E_A$  não chegou a compensar a menor contribuição de  $A_f$  aos valores da taxa de crescimento da cultura ( $C_f$ ).

De modo geral, as plantas tratadas com metribuzin apresentaram valores de razão de área foliar superior aos das plantas-controle, o que indica que a produção e a partição de assimilados foram mais afetadas do que a área foliar.

As eficiências máximas na conversão da energia solar ( $\xi$ ) foram de 2,37% (solo + areia) e 2,48% (solo) nas plantas-controle e tratadas com 0,3 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de metribuzin. Os valores médios de  $\xi$  durante o ciclo da soja foram de 1,14, 0,99, 0,48 e 0,03% na mistura de solo + areia e de 0,83, 0,67 e 0,12% no solo, em doses crescentes do herbicida.

## 5. SUMMARY

### (GROWTH AND SOLAR ENERGY CONVERSION IN SOYBEAN (*Glycine max* (L.) MERRILL) CULTIVATED ON TWO SUBSTRATA AND TREATED WITH FOUR DOSES OF METRIBUZIN)

Growth and solar energy conversion efficiency were studied in soybean cv. Paraná cultivated on two substrata (soil and soil + sand) and treated with four metribuzin rates (0.0, 0.3, 0.6 and 0.9 kg a.i.ha<sup>-1</sup>) under greenhouse conditions at Viçosa, MG, Brazil. The structural differences between the two substrata, soil (6% of organic matter and 40% of clay) and soil + sand (4% of organic matter and 29% of clay) affected the growth of the soybean.

All growth attributes were reduced and their maximal rates were delayed in time with increment of metribuzin doses. At high doses, the metribuzin caused more drastic reduction in leaf area ( $A_f$ ) than in net assimilate rate ( $E_A$ ) but  $E_A$  did not compensate for the lower contribution of  $A_f$ .

In general, plants treated with metribuzin showed higher values of leaf area ratio than the untreated ones, indicating that production and assimilate partition were more affected than leaf area.

Maximal efficiencies of solar energy conversion ( $\xi$ ) were 2.37 (soil + sand) and 2.48% (soil) for the control and soybean plants treated with 0.3 kg a.i.ha<sup>-1</sup> metribuzin, respectively. Averages during the entire soybean cycle were 1.14, 0.99, 0.48 and 0.03% for soil + sand and 0.83, 0.83, 0.67 and 0.12% for soil alone, in order of increasing metribuzin doses.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BARRENTINE, W.L.; EDWARDS Jr., C.J. & HARTWIG, E.E. Screening soybeans for tolerance to metribuzin. *Agron. J.*, 68: 351-353, 1976.
2. BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Aust. J. Agr. Res.*, 7: 377-387, 1956.

3. COBLE, H.D. & SCHRADER, J.M. Soybean tolerance to metribuzin. *Weed Sci.*, 21:308-309, 1973.
4. EDWARDS Jr., C.J.; BARRENTINE, W.L. & KILEN, T.C. Inheritance of sensitivity to metribuzin in soybeans. *Crop Sci.*, 16: 119-120, 1976.
5. FALB, L.N. & SMITH Jr., A.E. Metribuzin metabolism in soybeans. Characterization of the intraspecific differential tolerance. *J. Agric. Food Chem.*, 32: 1425-1428, 1984.
6. FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. *Stage of soybean development*. Ames, Iowa, Co-operative Extension Service, Iowa State University, 1977. 11 p. (Special Report 80).
7. HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.*, 63: 227-230, 1971
8. HARDCASTLE, W.S. Differences in the tolerance of metribuzin by varieties of soybeans. *Weed Res.*, 14: 181-184, 1974.
9. KÖLLER, H.R.; NYQUIST, W.E. & CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. *Crop Sci.*, 10: 407-412, 1970.
10. LADLIE, J.S.; MEGGITT, W.F. & PENNER, D. Effect of soil pH on microbial degradation, adsorption, and mobility of metribuzin. *Weed Sci.*, 24: 477-481, 1976.
11. MAIA, A.C. *Tolerância de variedades de soja (Glycine max (L.) Merrill) ao metribuzin em diferentes tipos de solos e níveis de matéria orgânica*. Viçosa, UFV, 1980. 59 p. (Tese M.S.).
12. MELGES, E.; LOPES, N.F. & OLIVA, M.O. *Crescimento, conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar*. *Pesq. agropec. bras.* 24:1065 - 1072. 1989.
13. MORAES, R.C.P.; LOPES, N.F.; SILVA, E.A.M. & RODRIGUES, J.J.V. Tolerância e nodulação de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivada em dois substratos e submetida a quatro doses de metribuzin. *Rev. Ceres* 36: 492-506. 1989.
14. PETER, C.J. & WEBER, J.B. Adsorption, mobility, and efficacy of metribuzin as influenced by soil properties. *Weed Sci.*, 33: 868-873, 1985.
15. PHATAK, S.C. & STEPHENSON, G.R. Influence of light and temperature on metribuzin phytotoxicity to tomato. *Can. J. Plant Sci.*, 53: 843-847, 1973.
16. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - Their use and abuse. *Crop Sci.*, 7: 171-174, 1967.
17. RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: Steward, F.C. (ed.). *Plant Physiology: A Treatise*. New York, Academic Press, 1969. p. 3-76.

18. SAVAGE, K.E. Adsorption and mobility of metribuzin in soil. *Weed Sci.*, 24: 525-528, 1976.
19. SCOTT, H.E. & BATCHELOR, J.T. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agron. J.* 71: 776-782, 1979.
20. SHAROM, M.S. & STEPHENSON, G.R. Behavior and fate of metribuzin in eight Ontario soils. *Weed Sci.*, 24: 153-160, 1976.
21. SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Sci.* 5: 575-577, 1965.
22. SILVA, J.F. da; SILVA, J.F. da; SILVA, R.F. da & CONDÉ, A.R. Tolerância do tamanho da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao metribuzin. *Planta Daninha*, 4: 92-96, 1981.
23. SILVA NETO, P.J. da. *Efeito do metribuzin sobre a fotossíntese, crescimento, morfologia, partição de assimilados e controle de plantas daninhas em soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Viçosa, UFV, 1987. 101 p. (Tese M.S.).
24. SMITH, A.E. & WILKINSON, R.E. Differential absorption, translocation and metabolism of metribuzin 4-amino-6-tert-butyl-3-(methylthio)-as-triazine-5(4H) one by soybean cultivars. *Physiol. Plant.*, 32: 253-257. 1974.
25. WAX, L.M.; STOLLER, E.W. & BERNARD, R.L. Differential response of soybean cultivars to metribuzin. *Agron. J.*, 68: 484-486, 1976.
26. WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. *Herbicide handbook*. 5th ed. Illinois, Champaign, 1983. p. 317-321.
27. WILLIAMS, R.F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Ann. Bot.* 10: 41-72, 1946.
28. YANG, Y.S. & BINGHAM, S.W. Effects of metribuzin on net photosynthesis of goosegrass (*Eleusine indica*) and bermudagrass (*Cynodon* spp.). *Weed Sci.*, 32: 247-250. 1984.