

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA  
À COBERTURA MORTA E À INCORPORAÇÃO DO GESSO AO  
SOLO, COM E SEM IRRIGAÇÃO.

André Luís Thomas<sup>1/</sup>

Dissertação apresentada como um dos requisitos ao grau de  
Mestrê em Fitotecnia, Área de Concentração Plantas de  
Lavoura, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

Agosto, 1992

<sup>1/</sup> Engenheiro Agrônomo (UFSM)

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

T454D Thomas, André Luis  
Desenvolvimento e rendimento da  
soja em resposta à cobertura morta  
e à incorporação do gesso ao solo,  
com e sem irrigação / André Luis  
Thomas. - Porto Alegre : UFRGS,  
1992.  
xi, 91 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Univer  
sidade Federal do Rio Grande do Sul.  
Programa de Pós-Graduação em Agrono  
mia - Fitotecnia, Porto Alegre, 1992.

1. Soja. 2. Cobertura morta. 3.  
Gesso : Solo. 4. Irrigação. I. Títu  
lo.

CDD: 633.34

CDU: 633.34

Catálogo na publicação: Biblioteca  
Setorial da Faculdade de Agronomia  
da UFRGS.

ANDRÉ LUIS THOMAS

Engº Agrº (UFSM)

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para a obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FACULDADE DE AGRONOMIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE (RS), BRASIL

Aprovado em: 31.08.1992

Pela Banca Examinadora

Homologada em: 22.09.1992

Por:



JOSE ANTONIO COSTA  
Orientador



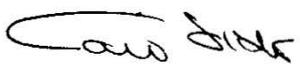
HOMERO BERGAMASCHI



PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA



ENIO MARCHEZAN  
UFSM



CAIO VIDOR  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia



EMA MAGALHÃES LEBOUTE  
Diretora da Faculdade de  
Agronomia

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Antonio Costa por sua amizade, dedicação e simplicidade como orientador.

Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura pela sua contribuição.

Aos bolsistas de iniciação científica, Cleiton, Ana Cristina e Sílvio, pela colaboração.

Ao CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro.

Aos meus colegas de Curso, especialmente a Carlos Alberto Ceretta, Marcelo Brandão da Silva, Marcelo Pacheco e Rogério da Silva Rubin, pela amizade e colaboração.

Aos meus pais que não mediram esforços para minha formação.

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA  
À COBERTURA MORTA E À INCORPORAÇÃO DO GESSO AO  
SOLO, COM E SEM IRRIGAÇÃO. <sup>1/</sup>

Autor: André Luís Thomas  
Orientador: Prof. José Antonio Costa

RESUMO

Foram realizados três experimentos. Dois a campo, nas safras de 1990/91 e 1991/92, na EEA da UFRGS, em Eldorado do Sul - RS. Outro em laboratório na FA/UFRGS em 1991. Os experimentos tiveram como objetivos: a) verificar o efeito da cobertura morta sobre o solo e a incorporação de gesso ao mesmo sobre a disponibilidade hídrica, aferida com irrigação, para o desenvolvimento e rendimento de grãos da soja; b) verificar a influência da disponibilidade hídrica sobre o tamanho das sementes de soja, e os efeitos desse sobre o vigor da plântula e rendimento de grãos.

A incorporação de gesso e a cobertura morta sobre o solo não tiveram efeito sobre o desenvolvimento e rendimento de grãos no ano agrícola de 1990/91. Nesse ano, a soja produziu 3689 Kg/ha de grãos com irrigação, contra 1759 Kg/ha sem irrigação. O número de legumes por planta e o peso de grãos foram os componentes do rendimento mais afetados pelo déficit hídrico. O maior rendimento de grãos no tratamento irrigado foi devido, principalmente, ao maior período de enchimento e índice de área foliar. Em laboratório, as sementes maiores de soja originaram plântulas mais vigorosas. Na safra de 1991/92 ocorreu acamamento das plantas devido à elevada precipitação, não permitindo nenhuma conclusão a respeito do efeito do tamanho da semente sobre o rendimento de grãos.

<sup>1/</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Área de Concentração Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (91p.) - Agosto, 1992.

DEVELOPMENT AND YIELD OF SOYBEAN WITH STRAW COVER  
AND GYPSUM INCORPORATION TO THE SOIL, WITH AND  
WITHOUT IRRIGATION <sup>1/</sup>

Author: André Luís Thomas  
Adviser: Prof. José Antonio Costa

SUMMARY

Three experiments were performed. Two in the field, during the growing seasons 1990/91 and 1991/92, at the EEA of UFRGS, in Eldorado do Sul - RS. The third one was a experiment in the laboratory of the FA/UFRGS in 1991. The objectives of the experiments were: a) ascertain the effect of soil cover with straw and the incorporation of gypsum, in the soil water availability, compared with irrigation, for soybean development and yield; b) to verify the influence of the soil water availability in soybean seed size, and the effect of the seed size in seedling vigour and grain yield.

Incorporation of gypsum and soil cover with straw, had no effect on plant development and grain yield in the growing season 1990/91. With irrigation the grain yield was of 3689 Kg/ha while only of 1759 Kg/ha without irrigation. Pods per plant and seed weight were the yield components most affected by the water deficit. The higher yield with irrigation was due, mainly, to the greater seed filling period and leaf area index. Results of the laboratory experiment showed that heavier seeds originated more vigorous seedlings. In the 1991/92 growing season plant lodging, due high precipitation, did not allow any conclusion about the carryover effect of seed size in the grain yield.

<sup>1/</sup> M. Sc. Dissertation in Agriculture (Fitotecnia),  
Agricultural School - Federal University of Rio Grande do  
Sul. Porto Alegre (91p.) - August, 1992.

## SUMÁRIO

	Página
1. Introdução .....	1
2. Revisão Bibliográfica .....	3
2.1. Crescimento da planta e disponibilidade hídrica .....	3
2.1.1. Crescimento e distribuição das raízes .....	3
2.1.2. Influência da umidade do solo na absorção de água e crescimento radicular .....	5
2.1.3. Déficit hídrico e o crescimento da parte aérea .....	6
2.1.4. Ajustamento osmótico e avaliação do déficit hídrico nas folhas .....	8
2.1.5. Fixação simbiótica e redistribuição do nitrogênio em plantas submetidas a déficit hídrico .....	9
2.1.6. Rendimento e componentes do rendimento em plantas submetidas a déficit hídrico .....	10
2.1.7. Relação do tamanho de semente com a matéria seca de suas partes, vigor de plântula e rendimento de grãos .....	12
2.2. Cobertura morta sobre o solo e disponibilidade hídrica .....	13
2.3. Gesso na melhoria de solos ácidos para o crescimento radicular .....	14
3. Material e Métodos .....	16
3.1. Caracterização dos locais dos experimentos ..	16
3.2. Observações meteorológicas .....	17
3.3. Tratamentos e delineamentos experimentais ..	18
3.3.1. Experimento a campo no ano agrícola 1990/91 .....	18
3.3.2. Experimento em laboratório em 1991 ..	20
3.3.3. Experimento a campo no ano agrícola 1991/92 .....	21
3.4. Instalação e condução dos experimentos .....	22
3.4.1. Experimento a campo no ano agrícola 1990/91 .....	22

3.4.1.1.	Análise, preparo e adubação do solo .....	22
3.4.1.2.	Semeadura e tratos culturais .....	23
3.4.1.3.	Coleta de dados e determinações .....	25
3.4.1.3.1.	Caracterização dos estádios de desenvolvimento .....	25
3.4.1.3.2.	Amostragem de plantas .....	26
3.4.1.3.3.	Distribuição de raízes no perfil do solo .....	27
3.4.1.3.4.	Determinações de matéria seca ....	29
3.4.1.3.5.	Conteúdo relativo de água e peso específico das folhas .....	29
3.4.1.3.6.	Índice de área foliar .....	30
3.4.1.3.7.	Colheita, rendimento e componentes do rendimento .....	31
3.4.2.	Experimento em laboratório em 1991 ..	32
3.4.2.1.	Tamanho de semente e matéria seca de tegumento, cotilédones e eixo embrionário .....	32
3.4.2.2.	Tamanho de semente e vigor de plântula .....	33
3.4.3.	Experimento a campo no ano agrícola 1991/92 .....	33
3.4.3.1.	Análise, preparo e adubação do solo .....	33
3.4.3.2.	Semeadura e tratos culturais .....	34
3.4.3.3.	Colheita e rendimento de grãos .....	35
3.5.	Análise estatística .....	35
4.	Resultados .....	37
4.1.	Experimento a campo no ano agrícola 1990/91 .....	37
4.1.1.	Generalidades .....	37
4.1.2.	Distribuição da matéria seca entre as partes da planta .....	41
4.1.3.	Distribuição percentual da matéria seca das raízes no perfil do solo ...	43
4.1.4.	Índice de área foliar, conteúdo relativo de água e peso específico das folhas .....	43
4.1.5.	Rendimento e componentes do rendimento .....	45

4.1.6. Características morfofisiológicas e estruturais das plantas na maturação	50
4.2. Experimento em laboratório em 1991	53
4.2.1. Tamanho de semente e matéria seca de tegumento, cotilédones e eixo embrionário	53
4.2.2. Tamanho de semente e vigor de plântula	58
4.3. Experimento a campo no ano agrícola 1991/92	62
5. Discussão	65
5.1. Experimento a campo no ano agrícola 1991/92	65
5.2. Experimentos referentes ao tamanho de sementes	73
6. Conclusões	76
7. Bibliografia Citada	77
8. Apêndices	83

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1. Precipitação diária e mensal, temperatura média mensal na EEA/UFRGS de novembro de 1991 a março de 1992 e datas de ocorrência dos estádios de desenvolvimento da soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 ..... 39
2. Rendimento e componentes do rendimento por planta, caule e ramos de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 49
3. Peso da matéria seca dos grãos, rendimento biológico aparente, índice de colheita aparente, altura do caule e inserção do primeiro legume na planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 ..... 51
4. Número de nós, nós férteis, ramos e legumes por ramo em uma planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 52
5. Distribuição percentual das sementes, peso de 100 sementes, matéria seca dos cotilédones, tegumentos e eixos embrionários nas 100 sementes de soja, cv. IPAGRO 21, provenientes de tratamentos irrigado e não irrigado, e separadas em classes. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 ..... 54
6. Matéria seca das radículas, partes aéreas e total de 100 plântulas de soja, cv. IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento, de sementes provenientes de tratamentos irrigado e não irrigado, e separadas em classes. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 ... 59
7. Rendimento de grãos de soja, cv. IPAGRO 21, em plantas oriundas de diferentes classes de sementes. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1991/92 ..... 64

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather - (1955) (OMETTO, 1981) modificado, para capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 .....	38
2. Matéria seca total, no caule, nas folhas e nas raízes por planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado, em quatro estádios reprodutivos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 ..	42
3. Distribuição percentual da matéria seca das raízes da cultivar de soja IPAGRO 21, no perfil do solo, no início do enchimento de grãos, na média dos tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 .....	44
4. Índice de área foliar da soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado, em três estádios reprodutivos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 .....	46
5. Peso específico das folhas de soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado, em cinco estádios reprodutivos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 .....	47
6. Rendimento de grãos na planta, ramos e caule da soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91 ..	48
7. Relação do peso total com a matéria seca dos cotilédones de 100 sementes da cultivar de soja IPAGRO 21. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 .....	56
8. Relação do peso total com a matéria seca dos eixos embrionários de 100 sementes da cultivar de soja IPAGRO 21. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 ...	57

9. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca das radículas de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 .....	60
10. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca das partes aéreas de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 .....	61
11. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991 .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul, embora possua destaque como produtor de soja no cenário nacional, apresenta um dos menores rendimentos do País. Entre os diversos fatores que determinam o baixo rendimento de grãos da cultura no Estado, a precipitação é um dos mais importantes, quer pela sua variação anual total como por sua distribuição irregular durante o ciclo da cultura.

A soja apresenta como períodos críticos à falta de água a germinação-emergência e a formação de legumes-enchimento de grãos. Entretanto, dependendo da intensidade e duração, o déficit hídrico pode, também, restringir o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, diminuir o rendimento de grãos.

Uma das maneiras de proporcionar estabilidade no rendimento de grãos de soja é através de práticas de manejo da lavoura que amenizem os efeitos do déficit hídrico sobre a cultura. A cobertura do solo com restos culturais das lavouras de estação fria, como trigo e aveia, é uma alternativa empregada para diminuir as perdas de água do solo por evaporação. Por outro lado, a incorporação de gesso ao solo tem sido preconizada como uma prática que

pode proporcionar maior desenvolvimento radicular das plantas, possibilitando a utilização da água das camadas mais profundas do solo. Finalmente, o suprimento de água através da irrigação constitui-se em outra prática para obtenção de rendimentos estáveis e elevados.

A disponibilidade hídrica apresenta grande influência sobre o tamanho das sementes de soja, pois pode diminuir o período e/ou a taxa de enchimento das mesmas. Por outro lado, o tamanho da semente pode determinar mudanças no vigor da plântula e no rendimento de grãos. Estes aspectos vêm sendo estudados há vários anos e o assunto ainda não está perfeitamente esclarecido.

Este trabalho teve como objetivos: a) verificar o efeito da cobertura morta sobre o solo e a incorporação de gesso ao mesmo sobre a disponibilidade hídrica, aferida com irrigação, para o desenvolvimento e rendimento da soja; b) verificar a influência da disponibilidade hídrica sobre o tamanho das sementes de soja, e os efeitos desse sobre o vigor da plântula e rendimento de grãos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Crescimento da planta e disponibilidade hídrica

#### 2.1.1. Crescimento e distribuição das raízes

O crescimento das raízes de soja consiste de três fases, que podem ser associadas ao crescimento da parte aérea: 1) crescimento vegetativo da parte aérea, aprofundamento da raiz principal e crescimento superficial das raízes laterais; 2) florescimento e formação do legume, acompanhados do crescimento das raízes para camadas mais profundas do solo; e 3) maturação dos grãos e aprofundamento de muitas raízes laterais (MITCHELL e RUSSELL, 1971).

Nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, raízes laterais primárias originam-se da porção superior da raiz principal. Estas raízes crescem e emitem grande quantidade de ramificações nos 15 cm superiores do solo até a planta apresentar 50 a 60 dias, ocasião em que atingem o meio da linha e abruptamente aprofundam-se (MAYAKI et al., 1976b). Durante esse mesmo período, a raiz principal

continua a penetrar no solo, entretanto degenera para uma raiz com diâmetro similar ao das raízes laterais primárias (RAPER Jr. e BARBER, 1970).

No período reprodutivo, as raízes de soja apresentam maior taxa de crescimento no início e pleno florescimento, diminuindo progressivamente até o início do enchimento de grãos. A taxa de crescimento aumenta entre o início de enchimento e máximo volume de grão (KASPER et al., 1978). Entretanto, alguns resultados demonstram que no início da formação dos legumes começa o declínio da matéria seca das raízes (MITCHELL e RUSSELL, 1971), com continuação do aprofundamento do sistema radicular até o máximo volume dos grãos (MAYAKI et al., 1976b).

A maioria das raízes da soja está contida nos 30 cm superiores do perfil do solo. Muitas vezes entre 70 e 80% das raízes estão em um raio de 15 cm do colo da planta e a 15 cm de profundidade (RAPER Jr. e BARBER, 1970). As raízes laterais primárias podem se aprofundar mais que a raiz principal (MITCHELL e RUSSELL, 1971).

As características de crescimento e aprofundamento das raízes de soja, encontradas na literatura, podem ocorrer em muitos solos nos quais a soja é cultivada. Todavia, havendo mudanças nas características químicas e físicas ao longo do perfil do solo, o desenvolvimento das raízes pode ser modificado (MITCHELL e RUSSELL, 1971; SIVAKUMAR et al., 1977). Por outro lado, existem diferenças entre variedades quanto a taxa de crescimento, acúmulo de matéria seca

total, característica de crescimento e aprofundamento de raízes (RAPER Jr. e BARBER, 1971; KASPER et al., 1978).

#### 2.1.2. Influência da umidade do solo na absorção de água e crescimento radicular

A quantidade de água removida pelas raízes da soja em todas profundidades do perfil do solo, geralmente, aumenta com o desenvolvimento da planta até próximo à maturação (PETERS e JOHNSON, 1960). A absorção efetiva ( $\text{cm}^3$  de água/ g de raiz/ dia) aumenta com a profundidade do perfil, provavelmente como resultado da maior umidade no solo e raízes mais jovens que apresentam maior área de absorção e atividade fisiológica (STONE et al., 1976).

A matéria seca total e o comprimento das raízes são semelhantes em plantas de soja irrigadas ou submetidas a déficit hídrico. Raízes de plantas submetidas a déficit hídrico crescem mais lateralmente que as de plantas irrigadas, porém a diferença é relativamente pequena em relação a sua massa total (MAYAKI et al., 1976a). A disponibilidade hídrica não influi apreciavelmente na distribuição das raízes da soja no perfil do solo (BARBER, 1978; ROBERTSON et al., 1980). Entretanto, existem resultados demonstrando que a matéria seca total de raízes é maior em plantas de soja bem supridas de água, quando aferida com a matéria seca das raízes de plantas submetidas a déficit

hídrico (SILVIUS et al., 1977; SIONIT e KRAMER, 1977; FINN e BRUN, 1980).

Raízes de soja irrigada absorvem mais água nas camadas superficiais do solo, quando comparadas com as raízes de plantas submetidas a déficit hídrico (STONE et al., 1976). Nas primeiras, a absorção é mais uniforme ao longo do perfil do solo, pois a sua condutividade diminui linearmente com o decréscimo do potencial da água do solo (ALLMARAS et al., 1975).

### 2.1.3. Déficit hídrico e o crescimento da parte aérea

O crescimento da planta depende da taxa fotossintética por unidade de área da folha, área total disponível para fotossíntese e duração da área foliar (BEGG e TURNER, 1976). O déficit hídrico inibe mais cedo e severamente a expansão celular que a fotossíntese na planta de soja, provocando diminuição na área foliar (BOYER, 1970). Por outro lado, o déficit hídrico pode provocar queda ou acelerar a senescência de folhas fisiologicamente velhas para reduzir o uso da água (BEGG e TURNER, 1976).

Durante o déficit hídrico há menor translocação de fotoassimilados na planta de soja, devido a redução da fotossíntese nas folhas e a inibição do crescimento dos órgãos da planta (SIONIT e KRAMER, 1977). Entretanto,

durante o déficit hídrico os fotoassimilados podem ser acumulados na planta, essa pode apresentar crescimento mais vigoroso depois do que antes do período de déficit hídrico (BOYER, 1970).

O efeito do déficit hídrico, sobre o acúmulo de matéria seca nos órgãos da parte aérea da soja, depende do estágio de desenvolvimento da cultura e de sua intensidade e duração. Devido a isso, existe uma diversidade de resultados demonstrando ou não diferenças no acúmulo de matéria seca nos órgãos ou em toda parte aérea das plantas submetidas a déficit hídrico, em relação a plantas bem supridas de água (SILVIUS et al., 1977; SIONIT e KRAMER, 1977; ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; SCOTT e BATCHELOR, 1979; FINN e BRUN, 1980; BOERNA e ASHLEY, 1982; EGLI et al., 1983).

O déficit hídrico diminui a altura da planta de soja, porém o número de nós no caule não é alterado (MOMEN et al., 1979). Aumento na concentração de ácido abscísico no caule de plântulas, sob déficit hídrico, coincide com decréscimo na extensibilidade da parede e condutância do tecido (DAVIES e ZHANG, 1991).

O número de ramos da planta de soja não é modificado pelo déficit hídrico, porém o crescimento dos mesmos pode diminuir nessa condição (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; MOMEN et al., 1979; KORTE et al., 1983a).

#### 2.1.4. Ajustamento osmótico e avaliação do déficit hídrico nas folhas

O ajustamento osmótico frequentemente ocorre em folhas maduras durante períodos de déficit hídrico, sendo normalmente maior quando o déficit se desenvolve lentamente. O ajustamento osmótico permite que a turgescência das células seja mantida quando ocorre grande mudança no potencial da água da folha. A extensão do ajustamento osmótico varia entre espécies, cultivares dentro de espécie, e entre diferentes órgãos e estádios de desenvolvimento de uma planta (BARLOW, 1983). Os açúcares solúveis, ácidos orgânicos e aminoácidos são os principais constituintes do ajustamento osmótico em folhas expandidas de muitas espécies (HANSON e HITZ, 1982; BOYER, 1983; MORGAN, 1984).

O ajustamento osmótico tem sido observado em algumas cultivares de soja (CORTES e SINCLAIR, 1986; SLOANE et al., 1990), mas em outras não (SIONIT e KRAMER, 1977; MORGAN, 1984).

Para avaliar o déficit hídrico nas folhas de soja, o conteúdo relativo de água apresenta coeficiente de variação seis e vinte vezes menor que os coeficientes de variação do potencial da água na folha e do potencial de turgescência da folha, respectivamente (BENNETT et al., 1987). Variações de 5% no conteúdo de água da folha representam mudanças de 29% no conteúdo relativo de água

das mesmas (HSIAO, 1973). Em casa de vegetação, seis a quatorze dias de déficit hídrico proporcionam diminuição de 13 a 70% no conteúdo relativo de água nas folhas de soja (RASSINI, 1980; GOLDMAN et al., 1989). Sob condições de campo, plantas de soja submetidas a déficit hídrico durante o período reprodutivo não apresentam diminuição no conteúdo relativo de água nas folhas (SLOANE et al., 1990), porém existe resultado divergente (BENNETT et al., 1987).

#### 2.1.5. Fixação simbiótica e redistribuição do nitrogênio em plantas submetidas a déficit hídrico

O déficit hídrico reduz a fixação simbiótica de nitrogênio pela ação direta sobre os nódulos e pela inabilidade das folhas estressadas suprirem de fotoassimilados os nódulos (FINN e BRUN, 1980).

A fixação de nitrogênio diminui à medida que a umidade do solo vai decrescendo durante o período de déficit hídrico. A fixação de nitrogênio depende mais do conteúdo de água do nódulo, antes mesmo do potencial da água do mesmo (DJEKOUN e PLANCHON, 1990).

Um crescimento vegetativo mínimo é essencial para a soja, pois a redistribuição de nitrogênio durante o enchimento dos grãos está mais relacionada com a quantidade de nitrogênio disponível na planta do que a habilidade da

mesma obter nitrogênio via fixação simbiótica nesse período. Entre 30 e 100% do nitrogênio contido nos grãos da soja provém da remobilização a partir das folhas e caule (EGLI et al., 1983).

#### 2.1.6. Rendimento e componentes do rendimento em plantas submetidas a déficit hídrico

A sensibilidade da soja para o déficit hídrico, quando dimensionada em termos de redução do rendimento de grãos, tende a aumentar com o avanço da cultura através da seqüência natural de desenvolvimento, com mínima sensibilidade durante o período vegetativo e máxima sensibilidade durante a formação dos legumes e enchimento dos grãos (SIONIT e KRAMER, 1977; ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; MOMEN et al., 1979; KORTE et al., 1983b). Entretanto, a ocorrência de déficit hídrico severo na fase vegetativa pode comprometer o rendimento de grãos devido ao menor desenvolvimento vegetativo da planta (BOERMA e ASHLEY, 1982).

O aborto de flores, óvulos e legumes em plantas de soja submetidas a déficit hídrico, bem como a posterior redução no tamanho do grão, podem ser atribuídos parcialmente ao efeito do déficit hídrico das folhas sobre a fotossíntese, antes que à diminuição da concentração de reservas nos órgãos vegetativos (SIONIT e KRAMER, 1977; ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; BOERMA e ASHLEY, 1982; KORTE et

al., 1983a; KORTE et al., 1983b; RAMSEUR et al., 1984). O déficit hídrico durante o período de enchimento de grãos da soja reduz o tamanho dos mesmos, devido a diminuição do suprimento de fotoassimilados pela planta e/ou a inibição do metabolismo do próprio grão (WESTGATE et al., 1989). Entretanto, a taxa de enchimento dos grãos é pouco alterada pela disponibilidade hídrica à planta (RAMSEUR et al., 1984). O número de grãos por legume é pouco afetado pelo déficit hídrico em cultivares de soja com hábito de crescimento determinado (MOMEN et al., 1983).

Plantas de soja com desenvolvimento vegetativo menor do que o normal de cada cultivar para o florescimento, submetidas a déficit hídrico após esse período, podem ter a concentração de nitrogênio nas folhas reduzida a nível menor do que o necessário para manter a capacidade fotossintética, abreviando o período de enchimento de grãos e, conseqüentemente, o rendimento (CURE et al., 1985).

Falta de água e altas temperaturas a partir da metade final do período reprodutivo aceleram o ciclo da soja, enquanto que a suplementação de água durante esse período retarda a maturação (SIONIT e KRAMER, 1977; KORTE et al., 1983b).

Resultados experimentais demonstram rendimento mínimo de 390 Kg/ha de grãos de soja em plantas submetidas a déficit hídrico (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978), enquanto com suplementação de água o rendimento de grãos não ultrapassa 4000 Kg/ha (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; BOERMA e ASHLEY, 1982;

EGLI et al., 1983; KORTE et al., 1983b; RAMSEUR et al., 1984).

#### 2.1.7. Relação de tamanho da semente com a matéria seca de suas partes, vigor de plântula e rendimento de grãos

As matérias secas dos cotilédones, eixo embrionário e de tegumento aumentam proporcionalmente ao aumento do tamanho da semente de soja, sendo que a matéria seca dos cotilédones cresce a taxas maiores do que as taxas das demais partes da semente (TEIXEIRA e COSTA, 1989).

Os cotilédones nutrem o eixo embrionário, desde o momento inicial da germinação, até que a plântula se torne autotrófica (MACHADO et al., 1974). Sementes maiores apresentam maior quantidade de substâncias de reservas, proporcionando desenvolvimento diferenciado do eixo embrionário em relação a sementes menores (CARLETON e COOPER, 1972).

O vigor, a velocidade de emergência e o estabelecimento inicial não são influenciados pelo tamanho da semente de soja (SMITH e CAMPER Jr., 1975; GILIOLI, 1979; TEKRONY et al., 1987). Todavia, resultados contrários existem (BURRIS et al., 1973; WETZEL, 1979).

Nos estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo da soja, existe uma estreita relação entre altura

(SMITH e CAMPER Jr., 1975; GILIOLI, 1979; TEKRONY et al., 1987), matéria seca (TEIXEIRA e COSTA, 1989) e área foliar (BURRIS et al., 1973) da planta com o tamanho da semente. Sementes grandes produzem plântulas mais vigorosas que sementes pequenas (WETZEL, 1979).

O maior vigor de plântulas de soja oriundas de sementes maiores vai desaparecendo à medida que aproxima-se a maturação, não havendo diferença no rendimento de grãos com plantas provenientes de sementes menores (WETZEL, 1979; GILIOLI, 1979; TEKRONY et al., 1987). Porém, existem resultados divergentes (FONTES e OHLROGGE, 1972; BURRIS et al., 1973; SMITH e CAMPER Jr., 1975).

## 2.2. Cobertura morta sobre o solo e disponibilidade hídrica

A influência da cobertura morta sobre a evaporação não depende somente da capacidade de retenção de água e condutividade do solo, mas também da demanda evaporativa da atmosfera, frequência e quantidade de chuva (LAL, 1974).

Sob condições de alta demanda evaporativa da atmosfera e disponibilidade hídrica no solo, a cobertura morta diminui as perdas de água por evaporação da camada mais superficial. À medida que a camada superficial vai secando, o próprio solo seco retarda a evaporação das camadas mais profundas. Isso implica em menor efeito da

cobertura morta sobre a perda de água das camadas mais profundas, durante períodos mais prolongados de estiagem (BOND e WILLIS, 1969; LAL, 1974; BRAGAGNOLO e MIELNICZUCK, 1990).

Em períodos de 12 dias de estiagem, 5,0 a 7,5 t/ha de palha em cobertura morta são suficientes para manter o solo com umidade adequada para o crescimento da soja (BRAGAGNOLO e MIELNICZUCK, 1990).

### 2.3. Gesso na melhoria de solos ácidos para o crescimento radicular

A acidez dos solos, e conseqüentemente o alumínio tóxico, ocorre também em camadas subsuperficiais (abaixo da camada arável) da maioria dos solos brasileiros. Por ser uma condição mais permanente de acidez do que na camada arável, a limitação do rendimento das culturas é tanto maior quanto mais crítica for a limitação de água no ciclo das mesmas. As raízes são impedidas de explorar a água das camadas mais profundas do solo (OLMOS e CAMARGO, 1976).

O interesse da utilização do gesso para diminuir o alumínio tóxico decorre da sua solubilidade, o que permite sua penetração abaixo da camada arável do solo (RAIJ, 1988; SHAINBERG et al., 1989).

Um dos efeitos diretos e simples do gesso é a redução da saturação de alumínio. O sulfato de cálcio do

gesso reage com o alumínio da solução do solo, diminuindo o efeito do alumínio tóxico. Embora isso possa ser benéfico para o sistema radicular das plantas, não pode ser interpretado como uma redução da acidez do solo ou do alumínio porque não ocorre diminuição dos teores absolutos de alumínio trocável do solo (RAIJ, 1988; SHAINBERG et al., 1989).

Há resultados variados da presença ou ausência do efeito do gesso sobre o rendimento das culturas, com aplicações de 1 a 35 t/ha do insumo. Os estudos sobre o efeito do gesso no desenvolvimento radicular da soja são escassos, porém resultados benéficos são relatados para a cultura do milho. Na realidade, ainda não existem critérios experimentais para que sejam dimensionadas as quantidades de gesso a aplicar. Para isso são necessários ensaios a campo, com diversas culturas, que permitam estabelecer relações entre aumentos de produtividade e doses de gesso (RAIJ, 1988).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização dos locais dos experimentos

Foram realizados três experimentos, sendo um no Laboratório de Sementes do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FA/UFRGS) em 1991. Os outros dois foram conduzidos a campo nos anos agrícolas de 1990/91 e 91/92, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região climática da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

A Estação Experimental está situada a  $30^{\circ}05'27''$  de latitude Sul e  $51^{\circ}40'18''$  de longitude Oeste, apresentando altitude média de 46 metros.

O local apresenta clima subtropical úmido, sendo uma transição entre os tipos fundamentais Cfa1 (isoterma anual inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ ) e Cfa2 (isoterma anual superior a  $18^{\circ}\text{C}$ ), pela classificação de Köppen. A temperatura média do mês mais frio é de  $14,8^{\circ}\text{C}$ , a média anual de  $19,6^{\circ}\text{C}$  e a média anual máxima de  $25,2^{\circ}\text{C}$  (BRASIL, 1973). A precipitação

média anual está em torno de 1400 mm, com frequente ocorrência de déficit hídrico nos meses de dezembro e janeiro (BELTRAME et al., 1979). As médias mensais de precipitação e temperatura, respectivamente, entre 1970 e 1989 na EEA/UFRGS durante os meses da estação de crescimento da cultura foram: novembro 107,9 mm e 21,0 °C, dezembro 95,7 mm e 23,4 °C, janeiro 114,8 mm e 24,8 °C, fevereiro 107,6 mm e 24,9 °C, março 106,7 mm e 23,4 °C, e abril 101,8 mm e 19,8 °C (BERGAMASCHI e GUADAGNIN, 1990).

O solo pertence a unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Laterítico Bruno-avermelhado Distrófico. Os solos pertencentes a esta unidade de mapeamento, em sua maioria, são profundos, bem drenados e de coloração avermelhada (BRASIL, 1973).

A área dos experimentos foi utilizada anteriormente para outros ensaios de pesquisa. O solo sofreu mudanças nas condições químicas pela aplicação de fertilizantes e corretivo da acidez.

### 3.2. Observações meteorológicas

Os dados meteorológicos são provenientes dos boletins de observações realizadas na estação agrometeorológica da EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, vinculada a rede da Secretaria da Agricultura do RS, e localizada a três quilômetros do local do experimento.

Os balanços hídricos dos anos agrícolas de 1990/91 e 1991/92 foram calculados em base decendial pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) descrito por OMETTO (1981), com substituição da evapotranspiração de referência pela evapotranspiração máxima para a cultura da soja na Depressão Central do RS. Utilizou-se o coeficiente de cultura de 1,3, de acordo com BERLATO et al. (1986), para multiplicar a evapotranspiração de referência e obter a evapotranspiração máxima.

### 3.3. Tratamentos e delineamentos experimentais

#### 3.3.1. Experimento a campo no ano agrícola 1990/91

Para o cultivo da soja, cv. IPAGRO 21 de ciclo médio e hábito de crescimento determinado, foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- 1) testemunha;
- 2) incorporação ao solo de 1 t/ha de gesso;
- 3) cobertura do solo com 6 t/ha de palha de aveia (*Avena sativa* L.);
- 4) incorporação ao solo de 1 t/ha de gesso mais a cobertura do mesmo com 6 t/ha de palha de aveia;
- 5) testemunha irrigada;
- 6) incorporação ao solo de 1 t/ha de gesso mais irrigação;

7) cobertura do solo com 6 t/ha de palha de aveia mais irrigação;

8) incorporação ao solo de 1 t/ha de gesso, cobertura do mesmo com 6 t/ha de palha de aveia mais irrigação.

A testemunha consistiu no preparo do solo com uma lavra e duas gradagens.

A dose de 1 t/ha de gesso foi utilizada porque as informações disponíveis, de trabalhos realizados em solos do cerrado do Brasil central, relatam que as respostas de rendimento, no primeiro ano de aplicação, são obtidas com 1 a 2 t/ha (SHAINBERG et al., 1989). A análise química do gesso, realizada pelo Laboratório de Química Agrícola do IPAGRO, apresentou os seguintes resultados: 29,3% de umidade a 105 °C; análise feita em base seca apresentou 1,0% de anidrido fosfórico total ( $P_2O_5$ ), 10,2% de enxofre (S) e 31,9% de óxido de cálcio (CaO).

A cobertura do solo com 6 t/ha de palha de aveia foi realizada porque, em curtas estiagens, 5,0 a 7,5 t/ha de palha mantém o solo com umidade adequada para o crescimento das plantas de soja (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990). A palha de aveia apresentou 10,8% de umidade, a 65 °C até peso constante.

Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, dispostas em blocos casualizados com quatro repetições. Nas parcelas principais foram colocados os dois níveis de irrigação, nas sub-parcelas os quatro níveis de

manejo do solo.

O experimento apresentou blocos com 42m x 10m, parcelas principais com 20m x 10m e sub-parcelas de 5m x 10m. Entre as parcelas principais foi semeada soja numa faixa de isolamento com 2 m de largura, e entre os blocos foram deixadas ruas com 3 m de largura.

### 3.3.2. Experimentos em laboratório em 1991

Todas as sementes da área útil de avaliação do rendimento, das parcelas com e sem irrigação, do experimento a campo do ano agrícola 90/91, foram separadas em classes pelo seu tamanho, com o uso de peneiras de metal com 20 cm de diâmetro. As peneiras apresentavam malhas de 6,30, 5,60, 4,75 e 4,00 mm. As sementes retidas em cada peneira formaram uma classe, exceto aquelas da peneira com malha de 4,00 mm que foram eliminadas porque apresentavam má formação. Portanto, com as três classes de sementes e duas procedências, oriundas de plantas irrigadas e não irrigadas, foram estabelecidos seis tratamentos:

1) sementes da classe 6,30 mm oriundas de plantas irrigadas (6,30 I);

2) sementes da classe 6,30 mm oriundas de plantas não irrigadas (6,30 NI);

3) sementes da classe 5,60 mm oriundas de plantas irrigadas (5,60 I);

4) sementes da classe 5,60 mm oriundas de plantas não irrigadas (5,60 NI);

5) sementes da classe 4,75 mm oriundas de plantas irrigadas (4,75 I);

6) sementes da classe 4,75 mm oriundas de plantas não irrigadas (4,75 NI).

Empregou-se o delineamento completamente casualizado. Quatro repetições de 100 sementes foram utilizadas para avaliar a matéria seca nas partes das mesmas, outras quatro para verificar o vigor de plântula aos sete dias de desenvolvimento.

### 3.3.3. Experimento a campo no ano agrícola de 1991/92

Os tratamentos, em número de oito, referentes ao tamanho de sementes foram colocados a campo, sendo constituídos de:

1) sementes da classe 6,30 mm oriundas de plantas irrigadas;

2) sementes da classe 6,30 mm oriundas de plantas não irrigadas;

3) sementes da classe 5,60 mm oriundas de plantas irrigadas;

4) sementes da classe 5,60 mm oriundas de plantas não irrigadas;

5) sementes da classe 4,75 mm oriundas de plantas irrigadas;

6) sementes da classe 4,75 mm oriundas de plantas não irrigadas;

7) lote original irrigado (LI);

8) lote original não irrigado (LNI).

As sementes da classe 4,00 mm foram eliminadas dos lotes originais.

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Os blocos apresentavam 16m x 4m, com ruas de 3 m entre si e parcelas de 2m x 4m.

### 3.4. Instalação e condução dos experimentos

#### 3.4.1. Experimento a campo no ano agrícola 90/91

##### 3.4.1.1. Análise, preparo e adubação do solo

O solo da área experimental foi amostrado em 20 de agosto de 1990, com a finalidade de verificar a necessidade de nutrientes à adubação de manutenção da cultura. A análise acusou os seguintes resultados: pH = 4,9; pH(SMP) = 5,8; P = 2,6 ppm; K = 126 ppm; M.O. = 2,2%; Al = 0,6 me/dl; Ca = 2,1 me/dl, Mg= 1,4 me/dl , S = 18,7 ppm e Argila =36%.

O solo foi preparado com uma lavra, dez dias antes

da instalação do experimento, e duas gradagens por ocasião da instalação do mesmo. Essa ocorreu em 20 de novembro de 1990.

A adubação de manutenção foi aplicada conforme recomendação de SIQUEIRA (1989) para rendimento de grãos superior a 3 t/ha e primeiro ano de cultivo. Foram aplicados 120 Kg/ha de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo) e 50 Kg/ha de  $K_2O$  (cloreto de potássio) através de uma distribuidora de adubo por gravidade.

#### 3.4.1.2. Semeadura e tratos culturais

Após a distribuição do adubo, o experimento foi remarcado e o gesso distribuído manualmente nas sub-parcelas dos tratamentos dos quais fazia parte. O adubo e o gesso foram incorporados através de uma gradagem. As sementes de soja, cv. IPAGRO 21, foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com fungicida Captan na dose de 140 g de i.a. por 100 Kg de sementes. A semeadura foi realizada com semeadora de três linhas, espaçadas 40 cm entre si, regulada para distribuir 25 a 28 sementes por metro de linha, a uma profundidade aproximada de 3 cm.

O controle de ervas daninhas foi feito com aplicação de herbicidas de pré-emergência. Foram aplicados trifluralina na dose de 1,2 Kg/ha de i.a. e metribuzin na dose de 0,3 Kg/ha de i.a..

Após a aplicação dos herbicidas, a palha de aveia foi distribuída manualmente nas sub-parcelas dos tratamentos dos quais fazia parte.

No período de germinação-emergência das sementes, foi necessário irrigar todo experimento oito dias após a semeadura devido à falta de umidade no solo. Na irrigação foram utilizados aspersores giratórios de impacto, com raio de ação de 6 m, vazão média de 20 mm/h.

O ataque de *Diabrotica speciosa* durante o período vegetativo da cultura foi controlado com endossulfan na dose de 0,4 Kg/ha de i.a.. As populações de percevejos *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* foram controladas com deltamethrine na dose de 7,5 g/ha de i.a., no início do enchimento de legumes.

Nos tratamentos irrigados, o solo foi mantido próximo à capacidade de campo a partir de 31 dias após a emergência, ou 23 dias antes do início do florescimento, até o máximo volume de grãos. A umidade do solo foi observada em quatro tensiômetros, dois em sub-parcelas com palha e dois em sub-parcelas sem palha de aveia, instalados à profundidade de 20 cm. A irrigação foi feita com aspersores fixos que apresentavam bocal de 8 mm, placa lisa convexa, raio de ação de 3 m e vazão de 40 mm/h. O período de cada irrigação não ultrapassou 30 minutos.

Uma semana antes do florescimento foi feita uma aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium japonicum* sobre o solo. Foi verificado que as plantas dos tratamentos

irrigados estavam mais desenvolvidas que as plantas dos tratamentos não irrigados, porém apresentavam clorose nas folhas. Amostras do sistema radicular de plantas, submetidas ou não à irrigação, revelaram nodulação deficiente. Isto provavelmente ocorreu devido a alta temperatura do solo por ocasião da sementeira, pois a temperatura máxima neste dia atingiu 37 °C no abrigo meteorológico (BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, 1990/91). Como alternativa para solucionar o problema, foram diluídos dois saquinhos de 50 g de inoculante comercial turfoso em 200 litros de água, com posterior aplicação dirigida entre as linhas de plantas do experimento. A aplicação ocorreu em uma tarde nublada, seguida de irrigação de 45 mm nos tratamentos do qual fazia parte. A noite ocorreu uma precipitação de 6 mm. A metodologia utilizada foi modificada de CIAFARDINI e BARBIERI (1987). Quinze dias após a aplicação do inoculante sobre o solo os sintomas de clorose nas folhas desapareceram. Devido aos problemas da inoculação na sementeira não foi avaliada a nodulação das plantas.

#### 3.4.1.3. Coleta de dados e determinações

##### 3.4.1.3.1. Caracterização dos estádios de desenvolvimento

##### A caracterização dos estádios de desenvolvimento

da soja foi feita através da escala proposta por COSTA & MARCHEZAN (1982). Considerou-se que as plantas de cada sub-parcela atingiram determinado estágio de desenvolvimento quando 50% mais uma delas apresentavam as características morfológicas descritas na escala.

#### 3.4.1.3.2. Amostragens de plantas

Plantas foram amostradas nos estádios reprodutivos de início de florescimento (R1), formação de legumes (R4), início do enchimento de grãos (R5), máximo volume de grãos (R6) e maturação (R8).

Nos estádios R1, R4 e R6 foram amostradas cinco plantas em sequência na linha de todas sub-parcelas. As raízes foram amostradas em trincheiras abertas nas extremidades das plantas, a 20 cm de ambos os lados da linha e a 35 cm de profundidade.

No início do enchimento de grãos foram avaliadas as plantas contidas em 50 cm de linha, em duas repetições de cada tratamento. Este procedimento foi adotado para aproveitar as amostras retiradas para verificar a distribuição do sistema radicular no perfil do solo, da forma descrita no item a seguir.

Na maturação as plantas foram amostradas ao acaso em todas sub-parcelas. Foi coletada a parte aérea de dez plantas para determinações dos componentes do rendimento e

do rendimento biológico. As plantas foram levadas para o Laboratório de Fisiologia do Departamento de Plantas de Lavoura na Faculdade de Agronomia da UFRGS, onde foram avaliadas.

#### 3.4.1.3.3. Distribuição de raízes no perfil do solo

No início do enchimento de grãos foi verificada a distribuição da matéria seca das raízes no perfil do solo. Foram avaliadas duas repetições por tratamento, devido as dificuldades para retirada e lavagem das raízes das amostras.

A técnica foi adaptada dos métodos apresentados por NELSON e ALLMARAS (1969) e RAPER Jr. e BARBER (1970). Foram utilizadas placas de madeira com 50 cm de largura e 40 cm de altura. Elas apresentavam pregos de 10 cm de comprimento, dispostos em intervalos de 5 cm, tanto no sentido vertical como horizontal. Entre os pregos havia uma tela de arame com malha de 5 mm.

Para a retirada de cada amostra foi aberta uma trincheira com 60 cm de comprimento, 40 cm de profundidade, 30 cm de largura a aproximadamente 8 cm de um dos lados da linha de plantas. Colocou-se a placa na trincheira com os pregos voltados ao sistema radicular das plantas, depois a placa foi pressionada com macaco mecânico tipo sanfona.

Abriu-se outra trincheira com as mesmas dimensões da primeira, porém do outro lado da linha de plantas, deixando uma camada de solo com aproximadamente 15 cm de espessura na placa. Cavou-se nas extremidades laterais à placa até 40 cm de profundidade, depois abaixo da extremidade inferior da mesma para liberá-la do solo.

A parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo para subseqüentes avaliações em laboratório.

As placas de solo foram imersas deitadas em recipientes com água durante duas horas, após foram colocadas em posição inclinada para lavagem. Entre a tábua e a tela foram colocadas três varetas de metal, com a finalidade de facilitar o escoamento da água com sedimentos. A lavagem foi feita com água corrente, indo da extremidade inferior da placa até o colo das plantas. Quando o sistema radicular ficou limpo, as raízes foram cortadas no sentido horizontal da placa, em intervalos de 10 cm de profundidade, para avaliações de matéria seca.

Nas trincheiras foram retiradas amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. As amostragens foram feitas nos tratamentos de plantio convencional e incorporação ao solo de 1 t/ha de gesso na presença e ausência de irrigação, objetivando comparar os resultados das análises com aqueles obtidos em amostragens, nas mesmas profundidades, feitas pouco antes da instalação dos tratamentos.

#### 3.4.1.3.4. Determinações de matéria seca

As determinações de matéria seca foram feitas em estufa ventilada, à temperatura de 65 °C até peso constante. Nos estádios R1 (início do florescimento), R4 (formação de legumes), R5 (início do enchimento de grãos) e R6 (máximo volume de grãos) a matéria seca foi determinada nas raízes, caule e folhas. Na matéria seca do caule foi incluída a matéria seca dos ramos. Na maturação, a matéria seca foi determinada na parte vegetativa e nos grãos do caule e ramos. Na parte vegetativa foi incluído o pericarpo do legume.

#### 3.4.1.3.5. Conteúdo relativo de água e peso específico das folhas

O conteúdo relativo de água (CRA) e o peso específico das folhas (PEF) foram determinados nos estádios R1 (início de florescimento), R2 (florescimento), R3 (início da formação de legumes), R4 (formação de legumes) e R5 (início do enchimento de legumes). No estádio R2 foram feitas duas avaliações. As amostragens sempre foram realizadas entre 9 e 10 horas.

A metodologia utilizada para determinar o CRA foi modificada de SLOANE et al. (1990). Foram retirados oito discos de folhas, cada um com 3 cm<sup>2</sup>, das duas últimas folhas

completamente desenvolvidas de plantas ao acaso, em cada sub-parcela. Os discos foram colocados em sacos plásticos impermeáveis ao ar, fechados de maneira a sair a maior quantidade possível de ar, acondicionados em gelo e transportados ao laboratório para determinação do peso fresco (Pf). O peso túrgido (Pt) foi determinado após os discos permanecerem em placas de Petri com água destilada durante 24h. O peso seco (Ps) foi determinado após secagem dos discos em estufa ventilada, à temperatura de 65 °C por 24h.

O CRA foi obtido pela fórmula:

$$\text{CRA} = \frac{\text{Pf} - \text{Ps}}{\text{Pt} - \text{Ps}} \times 100$$

O peso específico das folhas foi determinado pela razão entre a matéria seca e a área dos discos das folhas das amostras.

#### 3.4.1.3.6. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi determinado nos estádios R1 (início do florescimento), R4 (início da da formação de legumes) e R6 (máximo volume de grãos). A área foliar foi determinada em um integrador de área LI-COR, modelo 3100.

#### 3.4.1.3.7. Colheita, rendimento e componentes do rendimento

O rendimento de grãos foi avaliado em três linhas centrais de plantas de cada sub-parcela. Nas extremidades de cada linha foram deixadas bordaduras de 1 m. A área útil foi de 9,6 m<sup>2</sup>. Após a trilha, a umidade dos grãos foi avaliada com o determinador eletrônico de umidade marca Steinlite, modelo RCT.

Nas dez plantas amostradas em cada sub-parcela foram avaliados o número de nós, número de nós férteis, número de legumes, número de grãos, peso de grãos, peso da matéria seca dos grãos e da parte vegetativa, nos ramos e caule. O número de ramos foi contado, considerou-se como ramo cada ramificação do caule com dois ou mais nós. Nó fértil apresentava ao menos um legume com um grão bem formado. Foram avaliadas as alturas do caule e da inserção do primeiro legume na planta.

O rendimento biológico aparente foi calculado pela soma da matéria seca da parte vegetativa e da dos grãos dos ramos e caule. O índice de colheita aparente (ICA) foi obtido pela fórmula:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Peso da matéria seca dos grãos} \times 100}{\text{Rendimento biológico aparente}}$$

Os pesos de grãos das dez plantas amostradas foram incluídos no peso de grãos das sub-parcelas, para cálculo do rendimento por hectare.

### 3.4.2. Experimentos em laboratório em 1991

Foram separadas e pesadas oito amostras de 100 sementes de cada tratamento. Quatro amostras por tratamento foram utilizadas para avaliar a matéria seca de tegumentos, cotilédones e eixos embrionários das sementes; as outras quatro foram utilizadas para avaliar o efeito do tamanho da semente sobre o vigor da plântula aos sete dias de desenvolvimento.

#### 3.4.2.1. Tamanho de semente e matéria seca de tegumento, cotilédones e eixo embrionário

As sementes foram imersas em água destilada durante 24h , à temperatura ambiente (20 °C). Permaneceram imersas em água quente (80 a 100 °C) cinco minutos antes e durante o manuseio de cada amostra. As imersões em água foram feitas para facilitar a separação manual de tegumentos, cotilédones e eixos embrionários das sementes. A técnica utilizada foi modificada de POWRIE et al. (1960). As diferentes partes das sementes foram colocadas em recipientes de vidro, levadas para estufa ventilada, à temperatura de 65 °C, durante 48 horas. Após a secagem, o material foi esfriado em um dessecador com sílica e pesado.

#### 3.4.2.2. Tamanho de semente e vigor de plântula

As 100 sementes de cada amostra foram divididas em quatro grupos, sendo colocadas 25 sementes por papel germinador. As sementes foram dispostas em duas linhas paralelas, separadas 2 cm entre si, e o papel germinador enrolado na forma de cartucho. Os 96 cartuchos do experimento foram molhados com água destilada e colocados dentro de um germinador de aço inox. No fundo desse, foram colocados 3 litros de água destilada com a finalidade de mantê-los úmidos.

Iluminação artificial e temperatura de 30 °C foram mantidas no germinador durante sete dias. Após este período, as plântulas foram separadas em parte aérea e radícula. A matéria seca das plântulas foi obtida em estufa ventilada, à temperatura de 65 °C, até peso constante.

#### 3.4.3. Experimento a campo no ano agrícola 1991/92

##### 3.4.3.1. Análise, preparo e adubação do solo

O solo foi preparado com uma lavra e duas gradagens realizadas uma semana antes da instalação do experimento.

A adubação de manutenção da cultura foi baseada na análise de solo realizada antes da instalação do experimen

to a campo no ano agrícola de 90/91. A mesma seguiu recomendação de SIQUEIRA (1989) para rendimento de grãos superior a 3 t/ha e segundo ano de cultivo, pois na safra anterior a área fora cultivada com feijão. Foram distribuídos manualmente 50 Kg/ha de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo) e 90 Kg/ha de  $K_2O$  (cloreto de potássio), com posterior incorporação com uma gradagem.

#### 3.4.3.2. Semeadura e tratos culturais

A semeadura foi realizada no dia 07 de novembro de 1991. Foram abertos sulcos com aproximadamente 5 cm de profundidade e 40 cm de espaçamento entre si. As sementes de soja, cv. IPAGRO 21, foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e semeadas manualmente em sulcos. Foram colocadas sementes suficientes para proporcionar uma população de 400 000 plantas/ha.

O controle de ervas daninhas foi feito 20 dias após a semeadura da soja. As ervas de folha larga foram controladas com acifluorfen sodium na dose de 0,4 Kg/ha de i.a., enquanto as ervas de folhas estreitas foram controladas com sethoxydim na dose de 0,2 Kg/ha de i.a..

O controle da lagarta *Anticarsia gemmatalis* foi feito com trichlorfon na dose de 0,6 Kg/ha de i.a., durante o período vegetativo da cultura. No início da formação de legumes aplicou-se endossulfan na dose de 0,4 Kg/ha de i.a.

para controlar populações de percevejos *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii*.

Para minimizar os efeitos de períodos com deficiência hídrica, foram realizadas irrigações por aspersão. Utilizou-se aspersores giratórios de impacto, com raio de ação de 6 m e vazão média de 20 mm/h.

#### 3.4.3.3. Colheita e rendimento de grãos

O rendimento de grãos foi avaliado em 3 linhas centrais de cada parcela. Deixou-se 0,50 m de bordadura em cada extremidade. A área útil foi de 3,6 m<sup>2</sup>.

O rendimento de grãos, em Kg/ha, a 13% de umidade, foi determinado conforme a metodologia apresentada no item 3.4.1.3.7.

#### 3.5. Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa de computação SANEST (Sistema de Análise Estatística) da UFRGS.

Nos experimentos a campo dos anos agrícolas de 1990/91 e 1991/92 as comparações de médias foram feitas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. No experimento em laboratório em 1991 as comparações de médias

foram feitas pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

A significância do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) foi aceita quando a probabilidade do teste "F" foi igual ou menor a 1%.

Nas figuras apresentadas, quando não aparecem letras nas comparações de médias de tratamentos é porque não houve diferença significativa.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Experimento a campo no ano agrícola 1990/91

#### 4.1.1. Generalidades

O balanço hídrico durante a estação de desenvolvimento da soja na EEA/UFRGS, no ano agrícola de 1990/91, é demonstrado na Figura 1. O déficit hídrico calculado para esse período foi de 481 mm. Embora nos meses de novembro, dezembro e fevereiro a precipitação mensal (Tabela 1) tenha sido próxima ou superior a média mensal de 19 anos de observações na EEA/UFRGS, a evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) demonstra que ocorreu déficit hídrico para a cultura nos dois primeiros meses de desenvolvimento. Nos meses de janeiro e março o déficit hídrico foi mais acentuado, coincidindo com o início do florescimento (R1) e o período de enchimento de grãos (R5), respectivamente.

A distribuição diária da precipitação (Tabela 1) foi irregular durante o desenvolvimento da soja. Ocorreram curtos períodos de maior disponibilidade hídrica à cultura.

As temperaturas médias mensais (Tabela 1) durante o período do experimento foram semelhantes a média daquelas

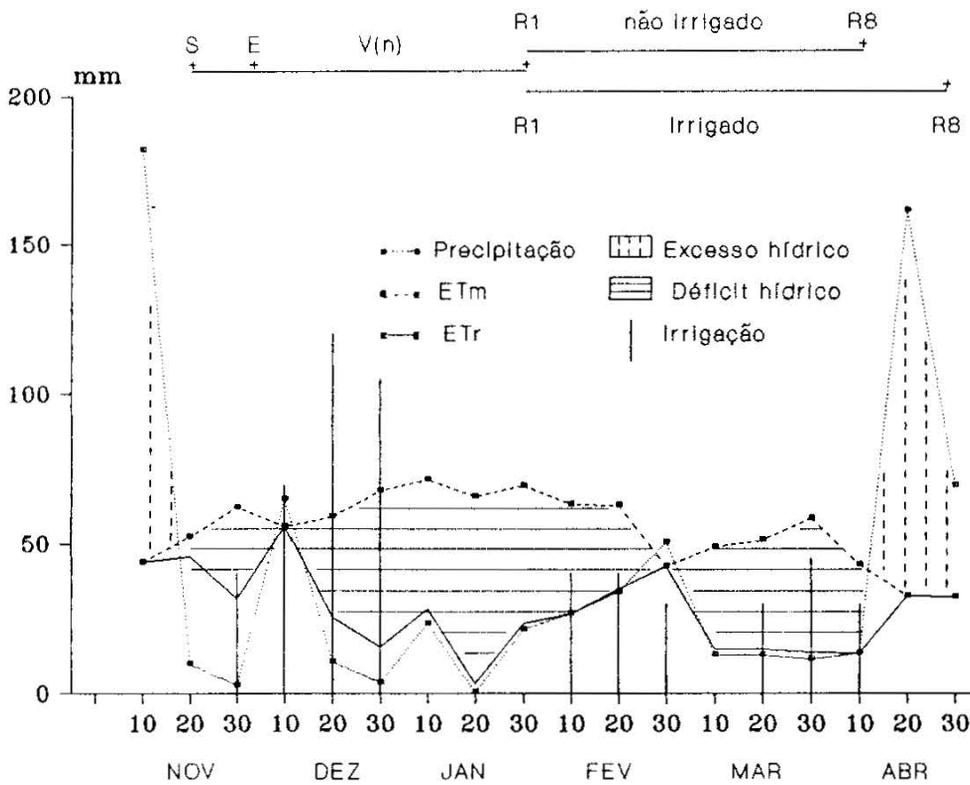


FIGURA 1. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955) (OMETTO, 1981) modificado, para capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91. Fonte: BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, 1990/91.

TABELA 1. Precipitação (mm) diária e mensal, temperatura (°C) média mensal na EEA/UFRGS de novembro de 1990 a março de 1991 e datas de ocorrência dos estádios de desenvolvimento da soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Dia	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
	..... Precipitação † .....					
01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	0,0	20,4	0,0	0,0	1,6	0,0
03	110,0	0,0	0,0	25,7	1,5	0,0
04	35,0	0,0 VE <sup>‡</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0 R7 NI
05	0,0	10,6	0,0	0,3	0,0	0,0
06	24,8	12,2	0,0	0,0 R2(1)	0,0 R5	13,1
07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
08	7,8	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0
09	4,5	0,0	0,9	0,4	8,5	0,0
10	0,0	22,0	0,1	0,0	1,0	0,0
11	0,0	7,1	0,0	0,0	0,2	0,8 R8 NI
12	3,3	0,0	0,0	33,6	0,0	2,8
13	1,5	0,0	0,0	0,0 R2(2)	1,2	8,2
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2
17	0,0	3,2	0,0	0,0	11,3	82,0
18	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0 Sem. <sup>1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 R7 I
21	0,0	0,0	9,1	6,2 R3	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
24	0,0	2,6	2,2	0,0	0,0	26,7
25	0,0	0,0	1,9	0,0	4,0 R6	19,3
26	2,4	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,4	0,0	0,0 R4	0,0	21,0
28	0,0	0,4	0,0	36,4	0,0	1,2
29	0,0	0,0	6,1	-	0,0	0,0 R8 I
30	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
31	-	0,0	0,0 R1	-	7,4	-
Total <sub>2</sub>	194,2	78,9	44,7	110,8	36,7	244,3
70/89 <sup>2</sup>	107,9	95,7	114,8	107,6	106,7	101,8
Tempe- ratura <sup>‡</sup>	22,3	22,0	23,3	20,9	23,4	19,6
70/89 <sup>2</sup>	21,0	23,4	24,8	24,9	23,4	19,8

<sup>1</sup> Semeadura. <sup>2</sup> Média mensal de 19 anos (BERGAMASCHI e GUADAGNIN, 1990). <sup>‡</sup> BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO 1990/91. <sup>†</sup> Estádios de desenvolvimento da soja (COSTA e MARCHEZAN, 1982), nos tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI).

observadas de 1970 a 1989 na EEA/UFRGS, com exceção de fevereiro (Tabela 1).

A sementeira foi efetuada em 20 de novembro de 1990. Devido a baixa umidade no solo, oito dias após a sementeira foi realizada uma irrigação de 40 mm em todo experimento. A emergência das plântulas levou 14 dias, foi desuniforme e proporcionou uma população de 265 000 plantas/ha.

Nos tratamentos irrigados foram aplicados 510 mm de água, além dos 40 mm para a emergência das plântulas. A distribuição da irrigação durante o ciclo da cultura encontra-se na Figura 1.

O déficit hídrico alterou o ciclo da soja (Tabela 1). Até o máximo volume de grãos (R6) não houve diferença na duração dos estádios reprodutivos, entre os tratamentos irrigados e não irrigados. A partir de R6, os tratamentos irrigados levaram 26 dias para atingir a maturação fisiológica (R7), contra 10 dias dos tratamentos não irrigados. Nos tratamentos irrigados a cultura levou 147 dias da emergência até a maturação de colheita, enquanto nos tratamentos não irrigados esse período foi de 129 dias.

A incorporação de 1 t/ha de gesso e a cobertura do solo com 6 t/ha de palha de aveia não tiveram efeito sobre o rendimento de grãos (Apêndice 1) e demais características avaliadas na soja. O gesso não modificou as características químicas do solo (Apêndice 2), tanto na camada arável (0-20 cm) como na subsuperficial (20-40 cm). A palha não teve efeito porque o déficit hídrico foi prolongado e, segundo

BRAGAGNOLO e MIELNICZUCK (1990), a cobertura morta mantém a umidade do solo durante curtos períodos de estiagem. Devido a isso, serão apresentados os resultados referentes as parcelas principais, ou seja, o efeito dos tratamentos irrigado e não irrigado sobre o desenvolvimento e rendimento da soja.

#### 4.1.2. Distribuição da matéria seca entre as partes da planta

A Figura 2 demonstra a distribuição da matéria seca total, no caule, folhas e raízes na planta de soja em quatro estádios reprodutivos. No início do florescimento (R1) somente houve diferença na matéria seca do caule, sendo essa superior no tratamento irrigado. Na formação de legumes (R4) a matéria seca total e nas partes da planta foi maior no tratamento irrigado. No início do enchimento de grãos (R5) não houve diferença na matéria seca, da planta e de suas partes, entre os tratamentos irrigado e não irrigado. No máximo volume de grão (R6) a matéria seca total, nas raízes e no caule foi superior no tratamento irrigado; já a matéria seca das folhas não diferiu entre os dois tratamentos.

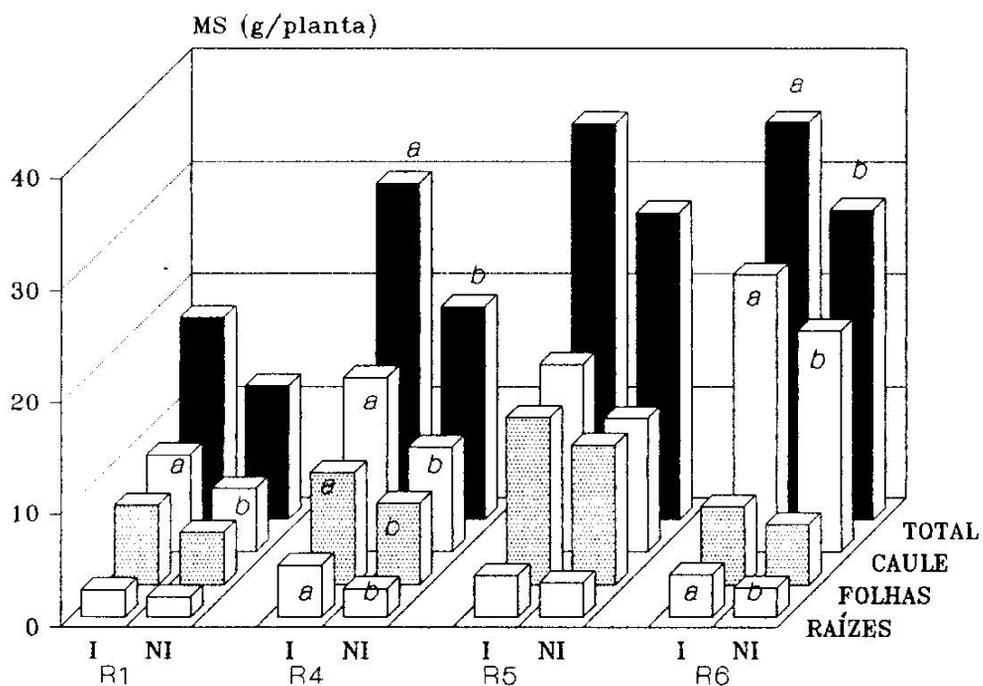


FIGURA 2. Matéria seca (MS) total, no caule, nas folhas e nas raízes por planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI), em quatro estádios reprodutivos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91. Comparações entre os tratamentos I e NI, em cada estágio, na planta ou em suas partes, com letras desiguais apresentam diferença pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

#### 4.1.3. Distribuição percentual da matéria seca das raízes no perfil do solo

Não houve diferença na distribuição percentual da matéria seca das raízes da soja no perfil do solo, entre os tratamentos irrigado e não irrigado, no início do enchimento de grãos. A Figura 3 mostra a distribuição percentual da matéria seca das raízes da soja no perfil do solo da área experimental.

A distribuição do sistema radicular da soja foi superficial, pois 97% da matéria seca das raízes ficou na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Nos 10 cm superiores do solo concentrou-se 83% da matéria seca das raízes, enquanto na camada de 10 a 20 cm a concentração diminuiu para 14%. Nas camadas de 20 a 30 cm e de 30 a 40 cm a distribuição percentual foi pequena, com 2 e 1%, respectivamente.

#### 4.1.4. Índice de área foliar, conteúdo relativo de água e peso específico das folhas

O conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas de soja no início do florescimento (R1), em duas datas do período de florescimento (R2), no início da formação de legumes (R3), na formação de legumes (R4) e no início do enchimento de grãos (R5) é apresentado no Apêndice 3. Não

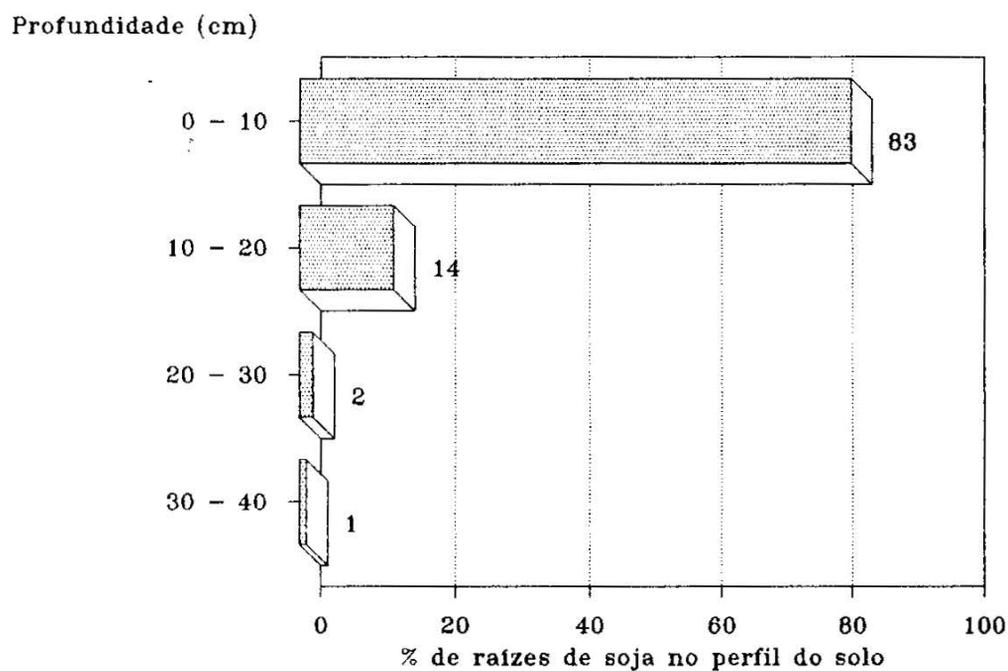


FIGURA 3. Distribuição percentual da matéria seca das raízes da cultivar de soja IPAGRO 21, no perfil do solo, no início do enchimento de grãos, na média dos tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

houve diferença no CRA nas folhas das plantas dos tratamentos irrigado e não irrigado, em todas as épocas de avaliação.

O índice de área foliar (IAF) da soja em três estádios reprodutivos é apresentado na Figura 4. No início do florescimento (R1), na formação de legumes (R4) e no máximo volume de grão (R6) o IAF foi maior no tratamento irrigado do que no não irrigado.

O peso específico das folhas (PEF) é apresentado na Figura 5. As determinações do PEF foram feitas nas mesmas datas de avaliação do CRA. O tratamento não irrigado apresentou maior PEF, que o tratamento irrigado, na primeira avaliação em R2 e em R4.

#### 4.1.5. Rendimento e componentes do rendimento

Os dados do rendimento de grãos (Kg/ha), na planta, caule e ramos obtidos na área útil das parcelas são apresentados na Figura 6. O rendimento e os componentes do rendimento por planta são apresentados na Tabela 2.

O rendimento de grãos foi maior no tratamento irrigado que proporcionou 3689 Kg/ha, contra 1759 Kg/ha do tratamento não irrigado. No tratamento irrigado os ramos contribuíram com 79% do rendimento e o caule com 21%, enquanto no tratamento não irrigado a contribuição foi de 70 e 30% nos ramos e caule, respectivamente.

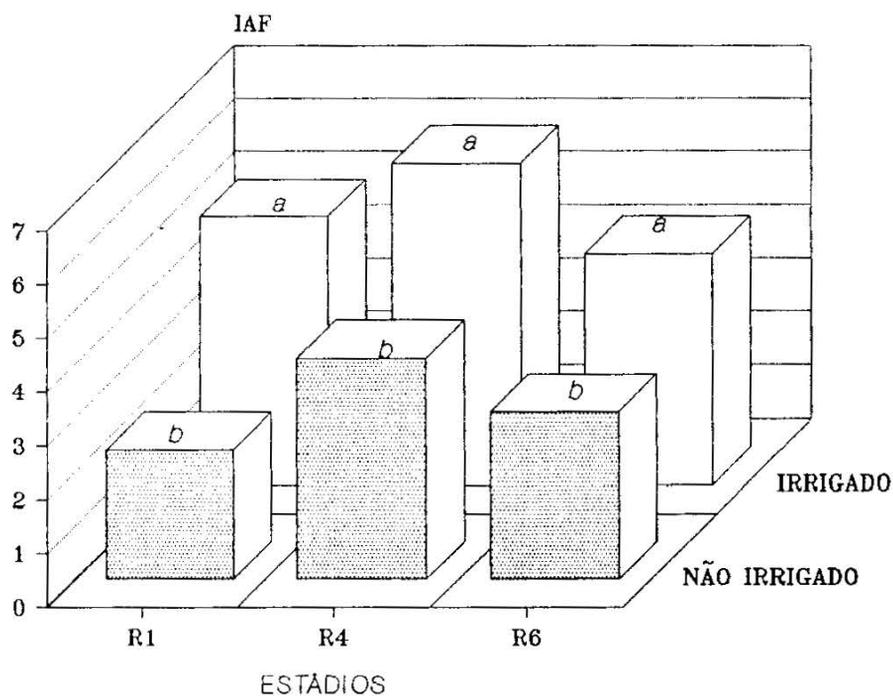


FIGURA 4. Índice de área foliar da soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI), em três estádios reprodutivos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91. Comparações entre os tratamentos I e NI, em cada estádio, com letras desiguais apresentam diferença pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

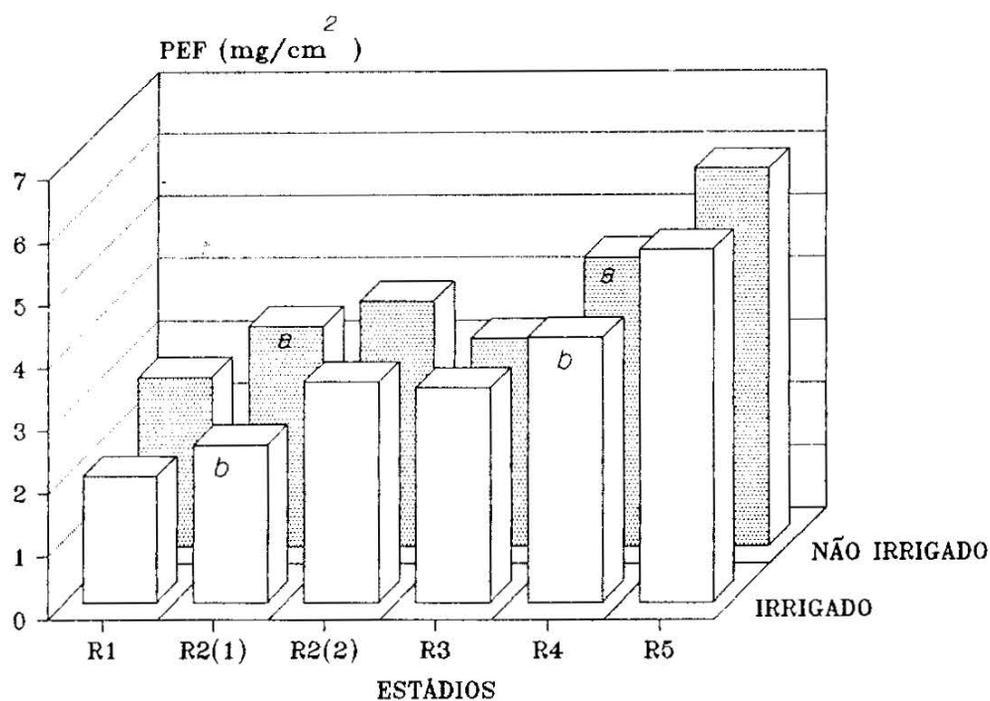


FIGURA 5. Peso específico das folhas de soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI), em cinco estádios reprodutivos. EEA-/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91. Comparações entre os tratamentos I e NI, em cada estádio, com letras desiguais apresentam diferença pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

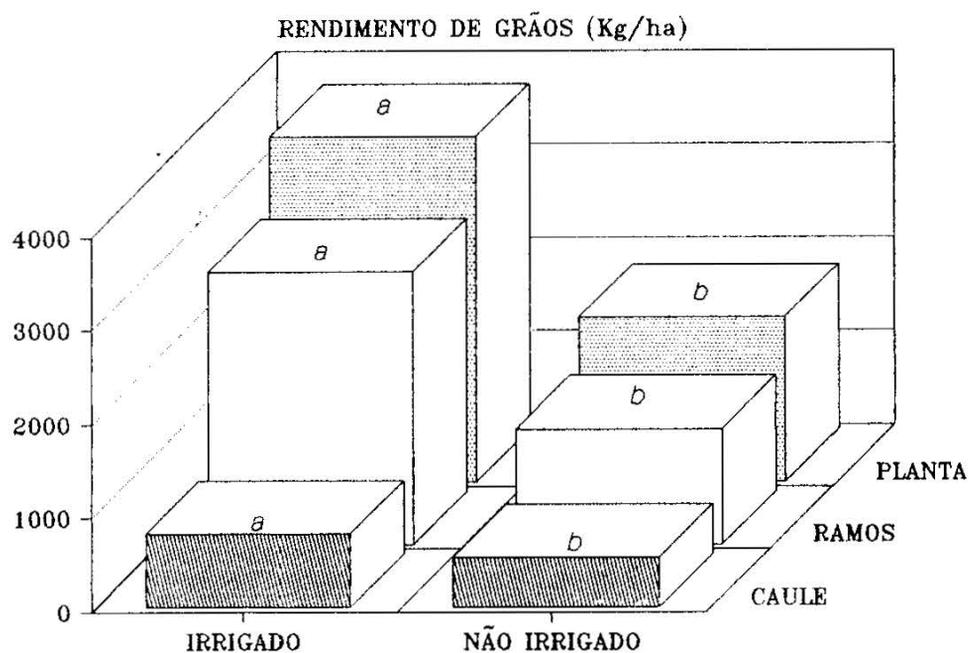


FIGURA 6. Rendimento de grãos na planta, ramos e caule da soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Comparações entre os tratamentos I e NI, na planta ou em suas partes, com letras desiguais apresentam diferença pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

TABELA 2. Rendimento e componentes do rendimento por planta, caule e ramos de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Planta/ Partes	Irrigação	Legumes	Grãos/ Legume	Grãos	Rendimento de grãos	Peso de 100 grãos
		.....	no .....		..... g .....	
Planta	I	67 a	1,8 a	124 a	20,0 a	17,4 a
	NI	40 b	1,8 a	74 b	8,7 b	12,9 b
Caule	I	14 a	1,8 a	25 a	4,1 a	16,8 a
	NI	12 a	1,7 a	22 a	2,6 b	11,9 b
Ramos	I	53 a	1,9 a	99 a	15,9 a	16,1 a
	NI	28 b	1,9 a	52 b	6,1 b	11,8 b

Comparações na vertical entre os tratamentos I e NI, na planta ou em suas partes, seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan (P < 0,05).

O tratamento irrigado proporcionou maior número de legumes e de grãos na planta e nos ramos, maior rendimento de grãos e peso de 100 grãos na planta, caule e ramos. Entretanto, não houve diferença entre os tratamentos quanto ao número de legumes e de grãos no caule, além do número de grãos por legume na planta, no caule e nos ramos.

As amostras de 10 plantas ao acaso superestimaram o rendimento de grãos, 30% no tratamento irrigado e 24% no não irrigado. Isso ficou evidenciado quando se comparou o rendimento da área útil com o rendimento obtido através dos componentes do rendimento, para uma população de 265 000 plantas/ha.

#### 4.1.6. Características morfofisiológicas e estruturais das plantas na maturação

As Tabelas 3 e 4 apresentam as características morfofisiológicas e estruturais das plantas na maturação. O tratamento irrigado foi superior ao não irrigado no peso da matéria seca dos grãos, rendimento biológico aparente, índice de colheita aparente e número de nós férteis na planta, no caule e nos ramos.

As plantas do tratamento irrigado apresentaram maior número de legumes por ramo, rendimento biológico aparente e peso da matéria seca dos grãos nos ramos, entretanto o número de ramos foi similar ao das plantas do

TABELA 3. Peso da matéria seca (MS) dos grãos, rendimento biológico aparente (RBA), índice de colheita aparente (ICA), altura do caule e inserção do primeiro legume na planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Planta/ Partes	Trata- mento	Peso da MS grãos ..... g .....	RBA .....	ICA %	Altura caule .....	Inserção 1º legume cm .....
Planta	I	17,7 a	34,5 a	51 a	60,4 a	15,0 a
	NI	7,7 b	18,0 b	43 b	49,7 b	12,2 a
Caule	I	3,6 a	9,3 a	39 a	-	-
	NI	2,3 b	7,0 b	33 b	-	-
Ramos	I	14,1 a	25,2 a	56 a	-	-
	NI	5,4 b	11,0 b	49 b	-	-

Comparações na vertical entre tratamentos I e NI, na planta ou em suas partes, seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

TABELA 4. Número de nós, nós férteis, ramos e legumes por ramo em uma planta de soja, média de 160 plantas da cultivar IPAGRO 21, em tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Planta/ Partes	Irrigação	Nós	Nós férteis	Ramos	Legumes/Ramo
		..... nO .....			
Planta	I	52 a	34 a	-	-
	NI	38 b	26 b	-	-
Caule	I	13 a	7 a	-	-
	NI	12 a	5 b	-	-
Ramos	I	40 a	29 a	6 a	9 a
	NI	25 b	19 b	5 a	6 b

Comparações na vertical entre os tratamentos I e NI, na planta ou em suas partes, seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

tratamento não irrigado. Os ramos contribuíram com 73% do rendimento biológico e 79% da matéria seca dos grãos no tratamento irrigado; já no tratamento não irrigado essas proporções diminuíram para 61 e 70%, respectivamente.

A irrigação não afetou o número de nós no caule e altura de inserção do primeiro legume, porém as plantas irrigadas apresentaram maior altura de caule. No tratamento irrigado o número de nós na planta e nos ramos, assim como o número de nós férteis na planta e em suas partes foi maior em relação ao tratamento não irrigado.

#### 4.2. Experimento em laboratório em 1991

##### 4.2.1. Tamanho de semente e matéria seca de tegumento, cotilédones e eixo embrionário

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da distribuição percentual do tamanho das sementes dentro de cada tratamento, do peso de 100 sementes, da matéria seca dos tegumentos, cotilédones e eixos embrionários nas 100 sementes.

A maioria (87%) das sementes provenientes de plantas irrigadas ficaram nas classes 6,30 e 5,60, não havendo sementes na classe 4,00. Por outro lado, 70% das sementes provenientes de plantas não irrigadas ficaram na classe 4,75 e 5% na classe 4,00.

TABELA 5. Distribuição percentual das sementes, peso de 100 sementes, matéria seca dos cotilédones, tegumentos e eixos embrionários nas 100 sementes de soja, cv. IPAGRO 21, provenientes de tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI), e separadas em classes. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

Tratamentos	Quantidade sementes	Peso 100 sementes	Cotilédones	Tegumentos	Eixos embrionários
	§	g			
6,30 I	48	21,0 a	16,18 a	1,26 a	0,36 a
6,30 NI	4	18,3 b	14,29 b	1,24 a	0,33 b
5,60 I	39	17,3 c	13,37 c	1,08 c	0,32 b
5,60 NI	21	16,5 d	12,70 d	1,17 b	0,31 b
4,75 I	13	14,2 e	10,76 e	0,99 d	0,27 c
4,75 NI	70	13,0 f	9,73 f	1,00 d	0,26 c
4,00 I	0	-	-	-	-
4,00 NI	5	-	-	-	-

Comparações na vertical seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,01$ ).

O peso de 100 sementes diferiu entre todos os tratamentos, decrescendo à medida que a classe diminuiu. Entretanto, dentro da mesma classe as sementes provenientes de plantas irrigadas sempre foram mais pesadas que as sementes oriundas de plantas não irrigadas. A matéria seca dos cotilédones apresentou comportamento idêntico ao peso de 100 sementes.

A matéria seca dos tegumentos foi maior nas sementes dos tratamentos 6,30 irrigado (I) e não irrigado (NI), e menor nas sementes dos tratamentos 4,75 I e 4,75 NI.

Os eixos embrionários apresentaram maior matéria seca nas sementes do tratamento 6,30 I, intermediária nas sementes dos tratamentos 6,30 NI, 5,60 I e 5,60 NI, e inferior nas sementes dos tratamentos 4,75 I e 4,75 NI.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas as relações do peso de 100 sementes com a matéria seca dos cotilédones e dos eixos embrionários, respectivamente, das 100 sementes. A matéria seca dos cotilédones e a dos eixos embrionários apresentam relações lineares ao peso de sementes com coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de 0,99. A matéria seca de ambas as partes da semente cresceu com o aumento do peso das sementes.

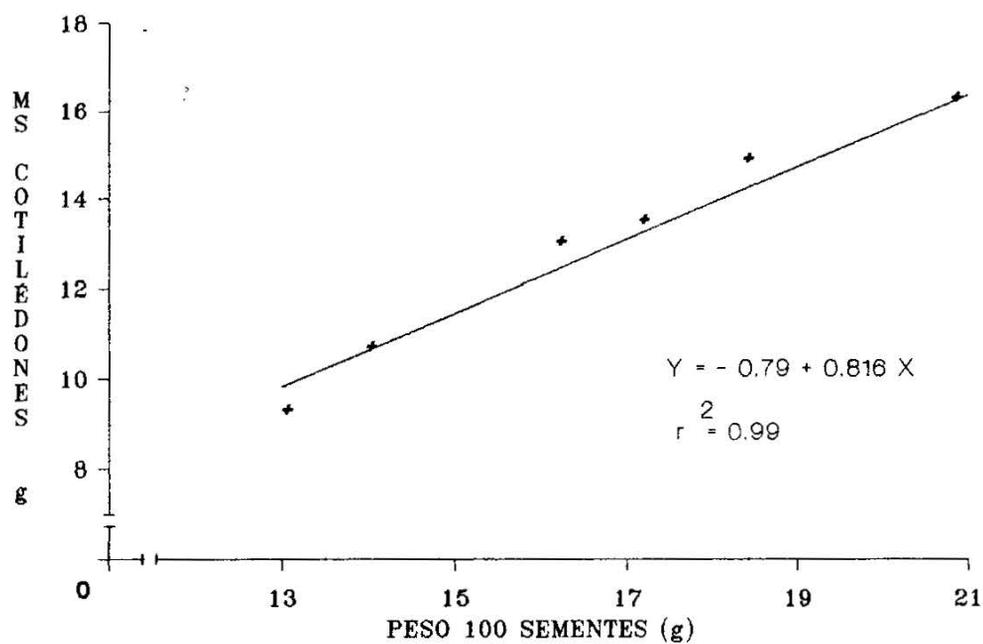


FIGURA 7. Relação do peso total com a matéria seca dos cotilédones de 100 sementes da cultivar de soja IPAGRO 21. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

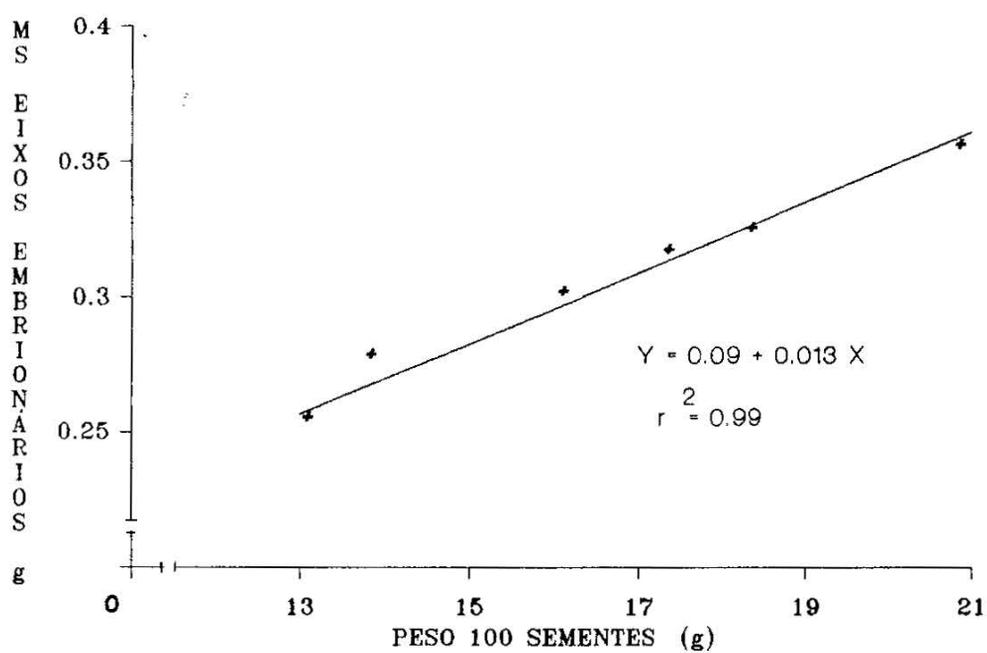


FIGURA 8. Relação do peso total com a matéria seca dos eixos embrionários de 100 sementes da cultivar de soja IPAGRO 21. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

#### 4.2.2. Tamanho de semente e vigor de plântula

Na Tabela 6 são apresentadas a matéria seca de radículas, partes aéreas e total de 100 plântulas, aos sete dias de desenvolvimento, de sementes provenientes de tratamentos irrigado(I) e não irrigado(NI), e separadas em classes.

Os pesos de 100 sementes apresentados na Tabela 5 também são válidos para os tratamentos da Tabela 6.

A matéria seca de radículas foi maior nas plântulas desenvolvidas à partir de sementes dos tratamentos 5,60 NI, 6,30 I e 6,30 NI. O menor acúmulo de matéria seca ocorreu nos tratamentos 5,60 I, 4,75 I e 4,75 NI. A matéria seca total e das partes aéreas das plântulas apresentaram comportamento similar. A matéria seca diminuiu com o decréscimo do peso das sementes, exceto nos tratamentos 4,75 I e NI que não diferiram entre si.

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentadas as relações do peso de 100 sementes com a matéria seca das radículas, partes aéreas e total, respectivamente, de 100 plântulas de soja aos sete dias de desenvolvimento.

A matéria seca das radículas apresentou resposta linear ao peso de sementes, com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,78. Já a matéria seca das partes aéreas e das plântulas apresentaram resposta quadrática ao peso de sementes, com coeficientes de determinação de 0,97. A matéria seca da plântula e de suas partes aumentou à medida

TABELA 6. Matéria seca das radículas, partes aéreas e total de 100 plântulas de soja, cv. IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento, de sementes provenientes de tratamentos irrigado (I) e não irrigado (NI), e separadas em classes. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

Tratamentos	Radículas	Partes aéreas	Plântulas (Total)
	..... g .....		
6,30 I	1,4 a	14,4 a	15,8 a
6,30 NI	1,3 a	13,0 b	14,3 b
5,60 I	1,0 b	12,1 c	13,1 c
5,60 NI	1,3 a	11,5 d	12,8 d
4,75 I	0,9 b	9,0 e	9,9 e
4,75 NI	1,0 b	9,0 e	10,0 e

Comparações na vertical seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,01$ ).

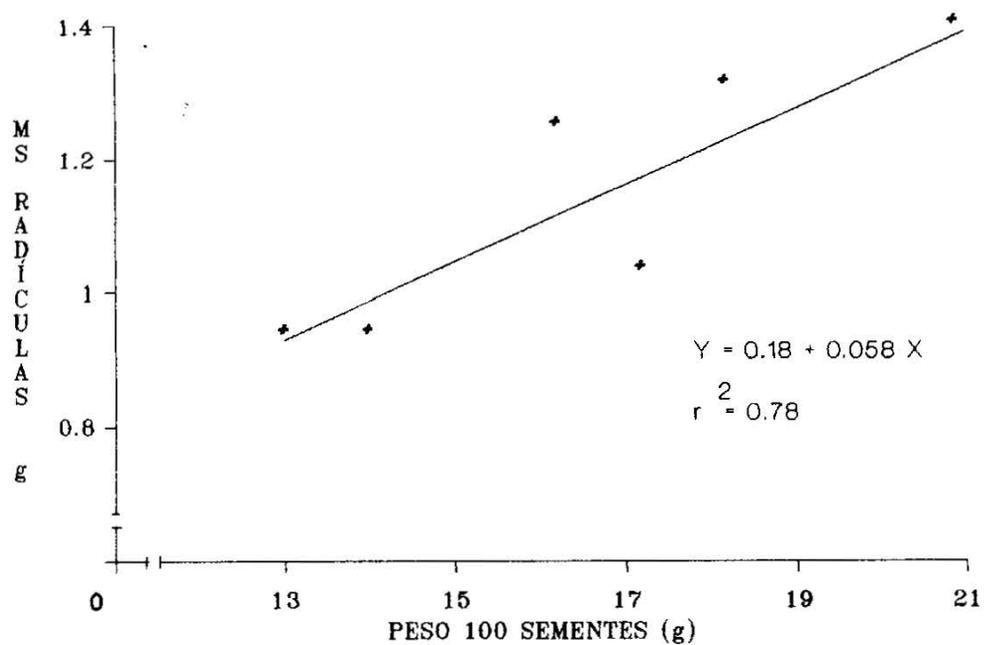


FIGURA 9. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca das radículas de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

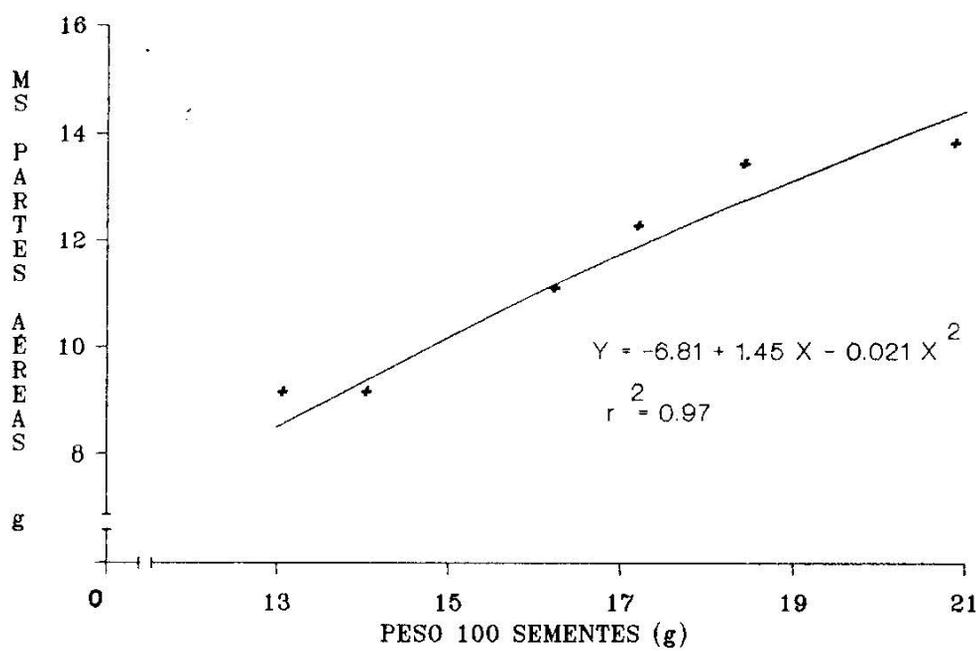


FIGURA 10. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca das partes aéreas de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

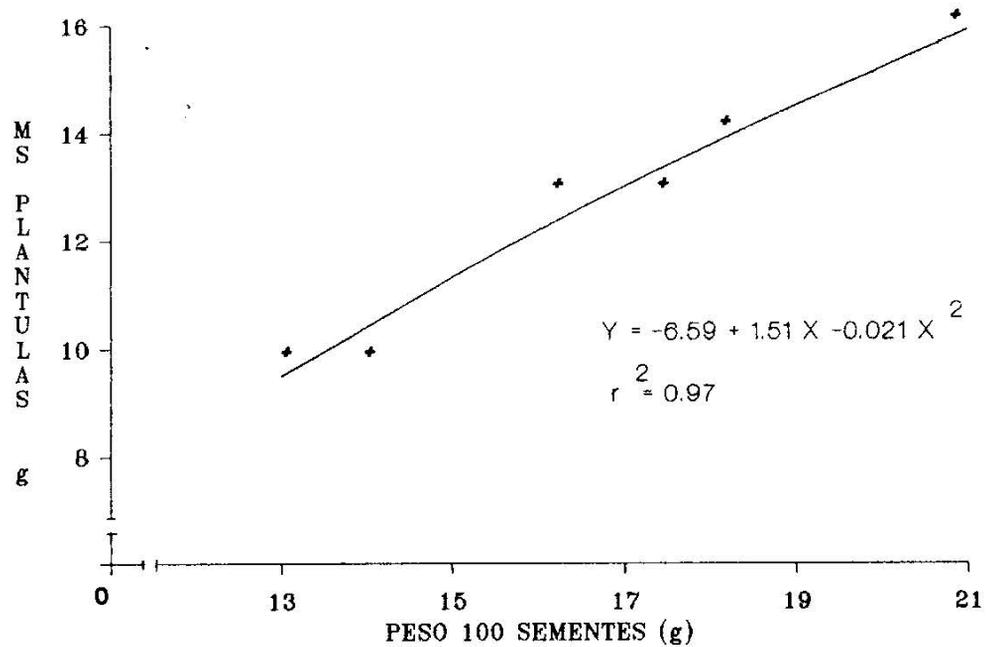


FIGURA 11. Relação do peso de 100 sementes com a matéria seca de 100 plântulas da cultivar de soja IPAGRO 21, aos sete dias de desenvolvimento. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

que o peso de sementes cresceu.

#### 4.3. Experimento a campo no ano agrícola 1991/92

Durante o período vegetativo da soja houve excesso hídrico (Apêndice 4). As plantas cresceram em demasia e acamaram, prejudicando o rendimento de grãos.

Na Tabela 7 é apresentado o rendimento de grãos de seis classes e dois lotes originais de sementes, irrigado e não irrigado.

Os tratamentos não diferiram no rendimento de grãos. Esse variou de 1931 Kg/ha, classe 6,30 irrigada, a 2593 Kg/ha, na classe 4,75 não irrigada.

TABELA 7. Rendimento de grãos (Kg/ha) de soja, cv. IPAGRO 21, em plantas oriundas de diferentes classes de sementes. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1991/92.

Tratamentos	Rendimento (Kg/ha)*
Classe 6,30 irrigada	1931
Classe 6,30 não irrigada	2467
Classe 5,60 irrigada	2464
Classe 5,60 não irrigada	2162
Classe 4,75 irrigada	2352
Classe 4,75 não irrigada	2593
Lote original irrigado	2470
Lote original não irrigado	2488

\* Não houve diferença pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Experimento a campo no ano agrícola 1990/91

A cobertura do solo com palha foi utilizada com a finalidade de diminuir a perda de água por evaporação, principalmente, até a cultura cobrir o solo. Entretanto, o déficit hídrico prolongado (Figura 1) ocorrido durante o ciclo da cultura deve ter restringido a disponibilidade hídrica no solo e, conseqüentemente, o efeito da cobertura morta sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. Essa hipótese é respaldada por BRAGAGNOLO e MIELNICZUCK (1990), pois eles verificaram que 5 a 7,5 t/ha de palha em cobertura mantém o solo com umidade adequada para o crescimento da soja durante 12 dias. Tendo em vista que as precipitações (Tabela 1) foram de baixa freqüência e intensidade, deve-se ressaltar que a cobertura morta pode ter retido a umidade, impedindo que essa penetrasse no solo. Embora seja preconizado que a cobertura morta dificulta a perda de água do solo, a quantidade utilizada (6 t/ha) não afetou o desenvolvimento e rendimento da soja. Portanto, existe a necessidade de estudar o efeito de várias quantidades de palha em cobertura sobre a perda de água do solo.

Normalmente a expectativa favorável à aplicação de gesso está baseada em dois efeitos. Em primeiro lugar, o gesso como fertilizante que contém quantidades apreciáveis de Ca e S e, em segundo lugar, pela diminuição na saturação do Al, favorecendo o crescimento radicular das plantas em profundidade, conferindo-lhes maior capacidade de enfrentar períodos de déficit hídrico. Com relação ao primeiro efeito, o teor de Ca no solo na camada de 0-20 cm era médio (2,1 me/100 g de solo), enquanto o de S (18,7 ppm) estava acima do limite mínimo de suficiência (10 ppm), portanto esses nutrientes não limitavam o desenvolvimento da cultura. As comparações tiveram como base os parâmetros da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos dos Estados do RS e SC (SIQUEIRA et al., 1989). No segundo caso, a aplicação de 1 t/ha de gesso, conforme as características químicas do mesmo citadas no item material e métodos, representa a adição de 0,4 meq de Ca/100 g de solo, o que é uma quantidade pequena pensando-se em aumento na saturação de bases do solo para minimizar o efeito depressivo do Al. Isso significa que a aplicação de pequenas quantidades de gesso, como foi o caso, não permitem antever benefícios ao aprofundamento do sistema radicular, a menos que o teor de Ca no solo seja baixo e a saturação de Al não muito elevada.

O padrão de distribuição da matéria seca entre as partes da planta de soja (Figura 2), nos tratamentos irrigado e não irrigado foi diferente em todos estádios de

avaliação, provavelmente como resposta à distribuição irregular da precipitação (Tabela 1). Essa proporcionou disponibilidade hídrica satisfatória ao tratamento não irrigado durante certos períodos do ciclo da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por SCOTT e BATCHELOR (1979) para a matéria seca do caule e folhas da soja. Em relação a matéria seca de raízes, fica difícil comparar os resultados obtidos com os disponíveis na literatura, pois esses são resultantes de uma época de avaliação e existem divergências quanto ao efeito da água sobre o desenvolvimento das raízes.

Nos estádios de formação de legumes e máximo volume de grãos, a matéria seca de raízes e matéria seca total de planta (Figura 2) foram maiores no tratamento irrigado. O maior acúmulo de matéria seca das plantas bem supridas de água decorre do maior desenvolvimento radicular (SIONIT e KRAMER, 1977; FINN e BRUN, 1980) e da maior quantidade e uniformidade de absorção de água no perfil do solo (ALLMARAS et al., 1975). Isso possibilita melhor desenvolvimento das plantas porque não há redução da fotossíntese nas folhas e inibição do crescimento dos órgãos da mesmas (SIONIT e KRAMER, 1977).

As precipitações que proporcionaram 74,4 mm de água do início do florescimento a formação de legumes não foram suficientes para que houvesse igualdade entre os tratamentos no acúmulo de matéria seca na planta na formação de legumes, apesar do aumento na disponibilidade

hídrica (Figura 1) para as plantas do tratamento não irrigado. O longo período de déficit hídrico que antecedeu a formação de legumes deve ter contribuído para o ocorrido. Por outro lado, não se pode descartar a possibilidade de que as plantas do tratamento não irrigado já estavam se recuperando do déficit hídrico, embora não se refletindo no acúmulo de matéria seca das mesmas.

O desaparecimento da diferença na matéria seca total da planta (Figura 2) entre os tratamentos no período de sete dias, da formação de legumes ao início do enchimento de grãos, pode ser atribuído ao somatório das precipitações (113,9 mm) que ocorreram do início do florescimento ao início do enchimento de grãos. A disponibilidade hídrica (Figura 1) ao tratamento não irrigado foi aumentando nesse período, sendo que no último decêndio de fevereiro e nos primeiros dias de março não ocorreu déficit hídrico à cultura. Houve maior incremento de matéria seca nas plantas do tratamento não irrigado durante o período transcorrido da formação de legumes ao início do enchimento de grãos. A precipitação de 36,4 mm que ocorreu seis dias antes desse último estágio deve ter sido fundamental para a resposta do tratamento não irrigado. BOYER (1970) relata que durante o déficit hídrico os fotoassimilados podem ser acumulados pela planta, sendo ela apresentar crescimento mais vigoroso depois do que antes do período de déficit hídrico.

A distribuição percentual da matéria seca das raízes no perfil do solo (Figura 3) não diferiu entre os

tratamentos, estando de acordo com BARBER (1978) e ROBERTSON et al. (1980), o déficit hídrico não influí apreciavelmente na distribuição de raízes de soja no perfil. A distribuição superficial das raízes, 83% ficaram nos 10 cm superiores do solo, pode ser atribuída à característica de crescimento do sistema radicular da cultivar e/ou a incorporação pouco profunda do adubo. Camada de impedimento à penetração das raízes no solo não deve ter afetado a distribuição das mesmas no perfil, pois as raízes principais não apresentaram tortuosidades que poderiam indicar esse obstáculo. Por outro lado, a presença de alumínio tóxico também não foi empecílio ao desenvolvimento das raízes nos primeiros 20 cm do solo, pois a saturação da CTC (Capacidade de Troca de Cátions) do solo com alumínio foi baixa (Apêndice 2).

Embora o índice de área foliar (Figura 4) tenha sido menor no tratamento não irrigado nos três estádios de avaliação, a matéria seca das folhas (Figura 2) foi maior no tratamento irrigado somente na formação de legumes. Esses resultados demonstram que a expansão celular das folhas foi mais afetada pelo déficit hídrico que a fotossíntese das mesmas, observações semelhantes foram feitas por BOYER (1970). Por outro lado, não se pode descartar que a redução de área foliar das plantas submetidas ao déficit hídrico tenha sido provocada pela queda ou aceleração da senescência de folhas fisiologicamente velhas, pois de acordo com BEGG e TURNER (1976) isso pode acontecer.

O conteúdo relativo de água indica variações de 5% no conteúdo de água das folhas (HSIAO, 1973), entretanto não acusou diferenças entre os tratamentos nas seis datas de avaliação (Apêndice 3). O ajustamento osmótico nas folhas de soja deve ter ocorrido, pois o déficit hídrico em condições de campo se acentua lentamente (BARLOW, 1983), permitindo o acúmulo de solutos orgânicos que mantêm a turgescência das células (HANSON e HITZ, 1982; BOYER, 1983; MORGAN, 1984). CORTES e SINCLAIR (1986) e SLOANE et al. (1990) encontraram ajustamento osmótico nas cultivares de soja que estudaram. O peso específico das folhas (Figura 5) reforça a hipótese de que houve ajustamento osmótico nas folhas da cultivar em estudo, pois foi maior no tratamento não irrigado na primeira avaliação do florescimento e na formação de legumes. Os resultados do peso específico das folhas nesses dois estádios ratificam que o déficit hídrico afetou mais a expansão celular que a fotossíntese nas folhas de soja, além de demonstrarem que houve maior acúmulo de fotoassimilados por unidade de área nas folhas das plantas do tratamento não irrigado.

O rendimento de 3689 Kg/ha de grãos do tratamento irrigado contra 1759 Kg/ha do não irrigado (Figura 6) pode ser atribuído ao déficit hídrico de 481 mm que ocorreu durante o ciclo da cultura, principalmente no final de janeiro e início de fevereiro (florescimento) e em março (enchimento de grãos) (Tabela 1).

O número de legumes por planta e o peso de grãos

(Tabela 2) foram os componentes que mais afetaram o rendimento de grãos no tratamento não irrigado. O menor índice de área foliar do tratamento não irrigado, durante a fase reprodutiva, deve ter reduzido a quantidade total de fotoassimilados sintetizados pela planta, assim como a disponibilidade dos mesmos para translocação aos órgãos reprodutivos. Em consequência, pode ter ocorrido o aborto de flores, óvulos e legumes, bem como a redução do tamanho dos grãos. Essa hipótese é respaldada por uma série de autores (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; SIONIT e KRAMER, 1977; BOERMA e ASHLEY, 1982; KORTE et al., 1983a; KORTE et al., 1983b; RAMSEUR et al., 1984), eles colocam em segundo plano o efeito da menor quantidade de reservas disponíveis nas partes vegetativas, de plantas submetidas a déficit hídrico, para ser redistribuída aos órgãos reprodutivos.

O número de legumes (Tabela 2) do tratamento não irrigado também deve ter sido afetado pelo menor número de nós na planta (Tabela 4), mais especificamente nos ramos. Como é nos nós que se desenvolvem as gemas reprodutivas, o número potencial de flores e, conseqüentemente, de legumes foi reduzido pelo menor crescimento vegetativo dos ramos das plantas do tratamento não irrigado. Por outro lado, a diminuição do número de nós férteis (Tabela 4) nas plantas submetidas ao déficit hídrico pode ser atribuída ao aborto de flores e legumes, bem como à falta de fotoassimilados para enchimento de grãos.

A redução do peso de grãos (Tabela 2) das plantas

submetidas a déficit hídrico igualmente deve ter sido influenciada pelo seu menor período de enchimento (Tabela 1), pois esse foi 16 dias inferior ao das plantas bem supridas de água. A falta de água e altas temperaturas aceleram o ciclo da soja a partir da metade final do período reprodutivo, enquanto a suplementação de água durante esse período retarda a maturação (KORTE et al., 1983b; SIONIT e KRAMER, 1977). Sob outro ponto de vista, a taxa de enchimento não deve ter influenciado apreciavelmente no peso dos grãos, pois ela varia pouco em função da disponibilidade hídrica para a planta de soja (RAMSEUR et al., 1984).

O número de grãos por legume (Tabela 2) não foi afetado pela disponibilidade hídrica, pois é uma característica pouco influenciada pelo déficit hídrico em cultivares de soja com o hábito de crescimento determinado (MOMEM et al., 1979).

A irrigação não teve efeito sobre a altura de inserção do primeiro legume (Tabela 3) e número de ramos (Tabela 4). Essas características são mais influenciadas pela população de plantas e espaçamento entre linhas. Entretanto, os ramos das plantas do tratamento irrigado tiveram maior crescimento vegetativo (Tabela 3), mais nós férteis (Tabela 4) e maior rendimento de grãos (Tabela 2), provavelmente em função da maior disponibilidade de água e fotoassimilados para o desenvolvimento. Resultados similares para o crescimento dos ramos foram encontrados por

ASHLEY e ETHRIDGE (1978), MOMEM et al. (1979) e KORTE et al. (1983a).

O maior rendimento de grãos no caule (Figura 6 e Tabela 2) das plantas do tratamento irrigado, em relação ao não irrigado, foi ocasionado pelo maior peso de grãos, pois não houve diferença no número de legumes.

Embora as plantas do tratamento irrigado apresentaram maior altura de caule (Tabela 3) na maturação, o número de nós (Tabela 4) no mesmo não diferiu do tratamento não irrigado. MOMEM et al. (1979) também encontraram essa relação. Portanto, houve diminuição no comprimento dos espaços dos entrenós do caule das plantas do tratamento não irrigado. Isso pode estar relacionado à diminuição da extensibilidade dos tecidos, ocasionada por um aumento na concentração de ácido abscísico no caule das plantas submetidas a déficit hídrico (DAVIES e ZHANG, 1991).

## 5.2. Experimentos referentes ao tamanho de sementes

A maior quantidade percentual de sementes (Tabela 5) mais pesadas no tratamento irrigado pode ser explicada pelo maior índice de área foliar durante a fase reprodutiva e o maior período de enchimento de grãos, conforme já foi discutido anteriormente.

Na soja existe uma alta correlação entre tamanho

e peso de sementes, sendo que os cotilédones representam em torno de 90% do peso da semente. Por esses motivos a matéria seca dos cotilédones decresceu com a diminuição do peso das sementes (Tabela 5).

A matéria seca dos cotilédones e dos eixos embrionários aumentaram proporcionalmente ao peso das sementes de soja, apresentando altos coeficientes de determinação ( $r^2 = 0,99$ ). De acordo com TEIXEIRA e COSTA (1989), a taxa de crescimento da matéria seca dos cotilédones de soja é maior que a dos eixos embrionários. Em função disso, a menor diferença no peso de sementes entre os tratamentos 6,30 NI, 5,60 I e 5,60 NI deve ter contribuído para não haver diferença na matéria seca dos eixos embrionários desses tratamentos. O mesmo deve ter ocorrido para os tratamentos 4,75 I e 4,75 NI.

O aumento proporcional da matéria seca das partes aéreas e total das plântulas (Tabela 6), aos sete dias de desenvolvimento, com o incremento do peso das sementes (Tabela 5) pode estar relacionado com a quantidade de reservas nos cotilédones. Sementes maiores apresentam maior quantidade de substâncias de reservas, proporcionando desenvolvimento diferenciado do eixo embrionário em relação a sementes menores (CARLETON e COOPER, 1972). Isso também pode justificar a alta dependência ( $r^2 = 0,97$ ) da matéria seca das partes aéreas (Figura 10) e do total das plântulas (Figura 11) em relação ao peso de sementes. Entretanto, a hipótese anteriormente mencionada não é válida para as

sementes dos tratamentos 4,75 I e 4,75 NI. Eles diferiram quanto a matéria seca dos cotilédones, mas não apresentaram diferença na matéria seca das partes aéreas e total das plântulas. Talvez a menor quantidade de reservas cotiledonares, associada a menor quantidade de matéria seca nos eixos embrionários, tenham contribuído para o ocorrido.

O maior investimento inicial da plântula na formação do sistema radicular deve ter influenciado para que o peso das sementes tivesse menor efeito ( $r^2 = 0,78$ ) sobre a matéria seca das radículas (Figura 9).

Apesar das evidências encontradas nos experimentos em laboratório de que sementes maiores, principalmente das classes 6,30 e 5,60, proporcionam plântulas mais vigorosas, não houve diferença no rendimento de grãos a campo (Tabela 7) entre os tratamentos estudados. O excesso hídrico ocorrido durante o período vegetativo (Apêndice 4) ocasionou crescimento em demasia nas plantas, havendo acamamento das mesmas. O rendimento de grãos foi prejudicado, principalmente o das parcelas do tratamento com sementes maiores (6,30 I), proporcionando um alto (24%) coeficiente de variação ao experimento. Portanto, a hipótese de que o rendimento de grãos na soja é afetado pelo tamanho da semente não pode ser ratificada nem contestada, sendo necessária a repetição do experimento em um ano com precipitação normal.

## 6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os experimentos pode-se concluir que:

a) A incorporação de gesso e a cobertura morta sobre o solo não afetam o desenvolvimento e o rendimento de grãos na soja;

b) O número de legumes por planta e o peso de grãos são os componentes do rendimento mais afetados pelo déficit hídrico;

c) O maior rendimento de grãos do tratamento irrigado é devido, principalmente, ao maior período de enchimento e índice de área foliar;

d) Sementes maiores originam plântulas mais vigorosas.

## 7. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALLMARAS, R.R.; NELSON, W.W.; VOORHEES, W.B. 1975. Soybean and corn rooting in Southwestern Minnesota. II. Root distributions and related water inflow. *Soil and Science*, Amsterdam, 39:771-777.
- AHSLEY, D.A.; ETHRIDGE, W.J. 1978. Irrigations effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, 70:467-471.
- BARBER, S.A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under fields contitions. *Agronomy Journal*, Madison, 70:457-461.
- BARLOW, E.W.R. 1983. Water relations of the mature leaf. In: DALE, J.E.; MILTHORPE, F.L. (ed.). *The growth and functioning of leaves*. New York, Cambridge University Press, 540p.
- BEGG, J.E.; TURNER, N.C. 1976. Crop water deficits. *Advances in Agronomy*, New York, 28:161-217.
- BELTRAME, J.F. de S.; TAYLOR, J.C.; CAUDURO, F.A. 1979. Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 79p.
- BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; MUNCHOW, R.C.; COSTELLO, S.R. 1987. Dependence of stomatal conductance of leaf water potential, turgor potential and relative water content in field-grown soybean and maize. *Crop Science*, Madison, 27:984-990.
- BERGAMASCHI, H. GUADAGNIN, M.R. 1990. *Agroclima da Estação Experimental Agronômica/UFRGS*. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R; BERGAMASCHI, H. 1986. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque "Classe A" e radiação solar global. *Agronomia Sul-riograndense*, Porto Alegre, 22:243-259.

- BOERMA, H.R.; ASHLEY, D.A. 1982. Irrigation, row spacing, and genotype effects on late and ultra-late planted soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 74:995-999.
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. 1990-91. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, nov.-abr.
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. 1991-92. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, nov.-abr.
- BOND, J.J.; WILLIS, W.O. 1969. Soil water evaporation: surface residue rate and placement effects. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 33:445-448.
- BOYER, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiology*, Lancaster, 46:233-235.
- BOYER, J.S. 1983. Subcellular mechanisms of plant response to low water potential. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, 7:239-248.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. 1990. Cobertura morta do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 14:369-374.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. 1973. *Levantamento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife. 431p. (Boletim técnico, 30).
- BURRIS, J.S.; EDJE, O.T.; WAHAB, A.H. 1973. Effects of seed size on seedling performance in soybean: II. Seedling growth and photosynthesis and field performance. *Crop Science*, Madison, 13:207-210.
- CARLETON, A.E.; COOPER, C.V. 1972. Seed size effects upon seedling vigour of three forage legumes. *Crop Science*, Madison, 12:183-186.
- CIAFARDINI, G.; BARBIERI, C. 1987. Effects of lover inoculation of soybean on nodulation, nitrogen fixation and yield. *Agronomy Journal*, Madison, 79:645-648.
- CORTES, P.M.; SINCLAIR, T.R. 1986. Water relations of field-grown soybean under drought. *Crop Science*, Madison, 26:993-998.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. 1982. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargill. 30p.

- CURE, J.D.; RAPER Jr., C.D.; PATTERSON, R.P.; ROBARGE, W.P. 1985. Dinitrogen fixation in soybean in response to leaf water stress and seed growth rate. *Crop Science*, Madison, 25:52-58.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Stanford, 42:55-76.
- DJEKOUN, A.; PLANCHON, C. 1990. Water status effect of dinitrogen fixation and photosynthesis in soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 83:316-322.
- EGLI, D.B.; MECKEL, L.; PHILLIPS, R.E.; RADCLIFFE, D.; LEGGET, J.E. 1983. Moisture stress and N redistribution in soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 75:1027-1031.
- FINN, G.A.; BRUN, W.A. 1980. Water stress effect on CO<sub>2</sub> assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance, and nodule activity in soybean. *Crop Science*, Madison, 20:431-435.
- FONTES, L.A.N.; OHLROGGE, A.J. 1972. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 64:833-836.
- GILIOLI, J.L. 1979. Influência do tamanho da semente sobre algumas características agronômicas da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPS. v.2. p.309-316.
- GOLDMAN, I.L.; CARTER Jr., T.E.; PATERSON, R.P. 1989. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought stress on the leaf water status of soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 81:461-463.
- HANSON, A.D.; HITZ, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology*, Stanford, 33:163-203.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, Stanford, 24:519-570.
- KASPER, T.C.; STANLEY, C.D.; TAYLOR, H.M. 1978. Soybean root growth during the reproductive stages of development. *Agronomy Journal*, Madison, 70:1105-1107.
- KORTE, L.L.; SPECHT, J.E.; WILLIAMS, J.H.; SORENSEN, R.C. 1983a. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Yield component responses. *Agronomy Journal*, Madison, 23:528-533.

- KORTE, L.L.; WILLIAMS, J.H.; SPECHT, J.E.; SORENSEN, R.C. 1983b. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. *Crop Science*, Madison, 23:521-527.
- LAL, R. 1974. Soil temperature, soil moisture and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. *Plant and Soil*, Amsterdam, 40:129-143.
- MACHADO, A.D.; WILLIAMS, W.A.; TUCKER, C.L. 1974. Dry matter contribution by cotyledons of Lima Beans and other epigeal legumes. *Crop Science*, Madison, 14:90-93.
- MAYAKI, W.C.; STONE, L.R.; TEARE, I.D. 1976a. Irrigated and nonirrigated soybean, corn, and grain sorghum root systems. *Agronomy Journal*, Madison, 68:532-534.
- MAYAKI, W.C.; TEARE, I.D.; STONE, L.R. 1976b. Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans. *Crop Science*, Madison, 16:92-94.
- MITCHELL, R.L.; RUSSEL, W.J. 1971. Root development and rooting patterns of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) evaluated under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, 63:3313-316.
- MOMEM, N.N.; CARLSON, R.E.; SHAW, R.H.; ARJMAND, O. 1979. Moisture stress effects on the yield components of two soybean cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, 76:86-90.
- MORGAN, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Stanford, 35:299-319.
- NELSON, W.W.; ALLMARAS, R.R. 1969. An improved monolith method for excavating and describing root. *Agronomy Journal*, Madison, 61:751-754.
- OLMOS, I.J.L.; CAMARGO, M.N. 1976. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28:171-180.
- OMETTO, J.C. 1981. Balanço Hídrico. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo, Ceres. 425p. p.373-388. Cap. 17: Balanço Hídrico
- PETERS, D.B.; JOHNSON, L.C. 1960. Soil moisture use by soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 52:687-689.
- POWRIE, W.D.; ADAMS, M.W.; PFLUG, I.J. 1960. Chemical, anatomical and histochemical studies on the navy bean seed. *Agronomy Journal*, Madison, 52: 163-167.

- RAIJ, B.V. 1988. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, ANDA. 88p.
- RAMSEUR, E.L.; QUISENBERRY, V.L.; WALLACE, S.U.; PALMER, J.H. 1984. Yield and yield components of Braxton soybeans as influenced by irrigation and intrarow spacing. *Agronomy Journal*, Madison, 76:442-446.
- RAPER Jr., C.D.; BARBER, S.A. 1970. Root systems of soybean. I. Differences in root morphology among varieties. *Agronomy Journal*, Madison, 2:581-584.
- RASSINI, J.B. 1980. Efeito de estiagens sobre o desenvolvimento da planta, rendimento e qualidade da semente da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Porto Alegre: UFRGS. 84p. Dissertação (Mestr. Agron. Fitotecnia) Fac. de Agron., UFRGS, Porto Alegre.
- ROBERTSON, W.K.; HAMMOND, L.C.; JOHNSON, J.T.; BOOTE, K.J. 1980. Effects of plant-water stress on root distribution of corn, soybean, and peanuts in sandy soil. *Agronomy Journal*, Madison, 72: 548-550.
- SCOTT, H.D.; BATCHELOR, J.T. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinated soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 71:776-781.
- SHAINBERG, I; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. 1989. Use of gypsum on soils: a review. *Advance in Soil Science*, New York, 9:1-111.
- SILVIUS, J.E.; JOHNSON, R.R.; PETERS, D.B. 1977. Effects of water stress on carbon assimilation and distribution in soybeans plants at different stages of development. *Crop Science*, Madison, 17:713-716.
- SIONIT, N.; KRAMER, P.J. 1977. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. *Agronomy Journal*, Madison, 69:274-278.
- SIQUEIRA, O.J.F. de. 1989. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul-EMBRAPA-CNPT.
- SIVAKUMAR, M.V.K.; TAYLOR, H.M.; SHAW, R.H. 1977. Top and root relations of field-growth soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 69:470-473.
- SLOANE, R.J.; PATTERSON, R.P.; THOMAS Jr., E.C. 1990. Field drought tolerance of a soybean plant introduction. *Crop Science*, Madison, 30:118-123.

- SMITH, T.J.; CAMPER Jr., H.M. 1975. Effects of seed size on soybean performance. *Agronomy Journal*, Madison, 67:681-684.
- STONE, L.R.; TEARE, I.D.; NICKELL, C.D.; MAYAKI, W.C. 1976. Soybean root development and soil water depletion. *Agronomy Journal*, Madison, 68:677-680.
- TEIXEIRA, M.C.C.; COSTA, J.A. 1989. Efeito do tamanho da semente de soja no vigor e na proporção tegumento, eixo embrionário e cotilédones. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, 42:12-15.
- TEKRONY, D.M.; BUSTAMAM, T.; EGLI, D.B.; PFEIFFER, T.W. 1987. Effects of soybean seed size, vigor, and maturity on crop performance in row and hill plot. *Crop Science*, Madison, 27:1040-1045.
- WESTGATE, M.E.; SCHUSSLER, J.R.; REICOSKY, D.C.; BRENNER, M.L. 1989. Effect of water deficits on seed development in soybean. II. Conservation of seed growth rate. *Plant Physiology*, Lancaster, 91:980-985.
- WETZEL, C.T. 1979. Efeito do tamanho das sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina, Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPS, v.2. p.333-342.

## 8. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Rendimento de grãos (Kg/ha) da soja em quatro sistemas de manejo do solo, na presença e ausência de irrigação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Manejo do solo	Grãos de soja (Kg/ha) <sup>*</sup>
Testemunha	2 758
Gesso	2 798
Palha	2 598
Gesso + Palha	2 736

Manejo do solo sem irrigação	Grãos de soja (Kg/ha) <sup>†</sup>
Testemunha	1 716
Gesso	1 762
Palha	1 726
Gesso + Palha	1 822

Manejo do solo com irrigação	Grãos de soja (Kg/ha) <sup>†</sup>
Testemunha	3 801
Gesso	3 834
Palha	3 471
Gesso + Palha	3 651

Causas de variação	Quadrado médio
Manejo do solo	60 213
Irrigação * Manejo do solo	59 205
Resíduo	50 553

<sup>\*</sup> Não houve diferença pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 2. Laudo de análise de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em amostras retiradas na instalação do experimento (IE) e nos tratamentos de manejo de solo testemunha (T), testemunha irrigada (TI), incorporação de gesso (G) e incorporação de gesso mais irrigação (GI) por ocasião do enchimento de grãos da soja. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Amos- tra	pH água	Índice SMP	P ...	K ppm	S ....	Al ..	Ca me/dl	Mg ...	M.O. (%)	% sat. da CTC com Al	
IE	0-20	4,9	5,9	2	138	19	0,5	2,1	1,4	3,0	8,7
	20-40	4,7	5,5	6	108	25	1,5	1,5	1,1	2,6	26,2
T	0-20	5,1	6,2	5	154	8	0,6	2,1	1,5	2,9	11,1
	20-40	5,0	6,2	2	125	13	1,3	1,2	1,2	2,1	33,7
TI	0-20	5,4	6,3	3	165	5	0,3	2,0	1,2	2,9	6,1
	20-40	4,9	5,8	1	110	14	1,7	1,2	0,9	1,9	37,7
G	0-20	4,9	5,9	4	146	22	0,7	2,1	1,2	2,8	12,5
	20-40	4,9	5,9	1	132	22	1,4	1,4	1,0	2,2	30,0
GI	0-20	5,2	6,7	3	133	14	0,4	2,4	0,8	2,6	9,1
	20-40	4,8	6,0	1	132	20	1,4	1,3	1,0	2,0	31,9

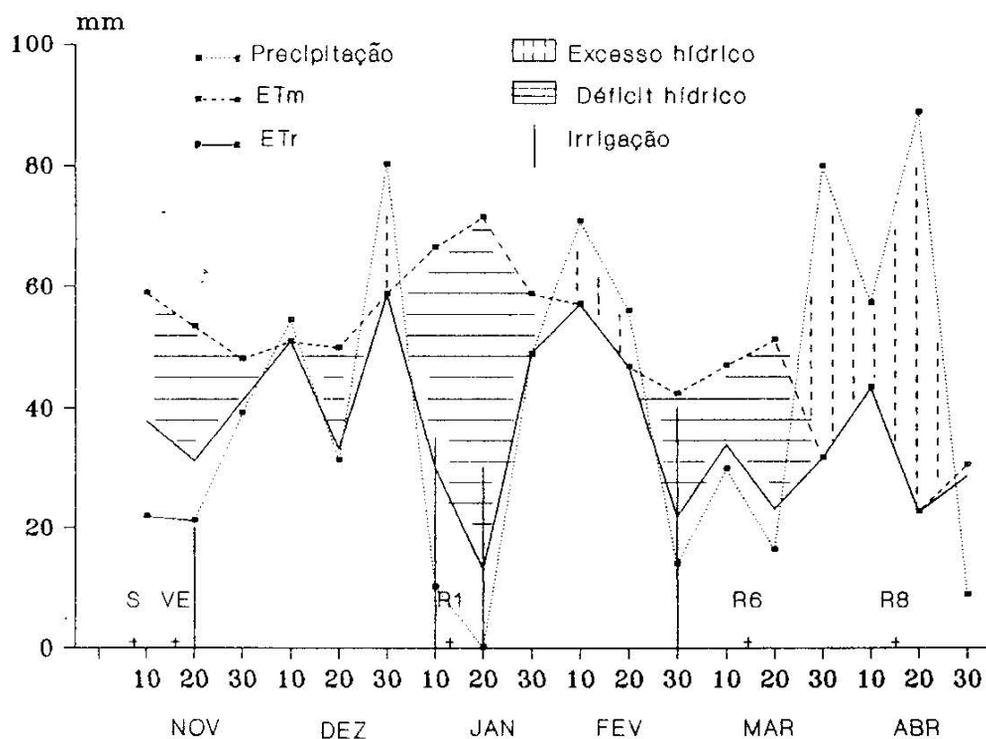
APÊNDICE 3. Conteúdo relativo de água nas folhas de soja, cv. IPAGRO 21, em tratamentos irrigado e não irrigado, em cinco estádios reprodutivos. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Tratamentos <sup>†</sup>	Estádio Reprodutivo					
	R1	R2(1) <sup>a</sup>	R2(2) <sup>b</sup>	R3	R4	R5
	..... § .....					
Irrigado	77	69	80	76	88	74
Não irrigado	75	72	81	72	86	76
C.V.	1,7	3,5	3,9	3,1	3,3	3,8

<sup>†</sup> Não houve diferença entre os tratamentos, dentro de cada estágio, pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

<sup>a</sup> Primeira avaliação durante o período de florescimento

<sup>b</sup> Segunda avaliação durante o período de florescimento



APÊNDICE 4. Balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) (OMETTO, 1981) modificado, para capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1991/92. Fonte: BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, 1991/92

APÊNDICE 5. Quadrados médios (QM) obtidos nas análises de variância do conteúdo relativo de água (CRA), peso específico das folhas (PEF), matéria seca (MS) total, no caule, nas folhas e nas raízes, e índice de área foliar (IAF) em plantas de soja provenientes de tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Estádios	CRA		PEF	
	QM tratamentos	QM resíduo	QM tratamentos	QM resíduo
R1	31,76 ns	6,97	4,26 ns	3,88
R2(1)	50,48 ns	24,99	8,68 *	0,55
R2(2)	5,80 ns	39,47	0,69 ns	0,39
R3	115,90 ns	20,91	0,04 ns	0,68
R4	18,94 ns	33,54	1,50 *	0,13
R5	28,16 ns	32,95	1,39 ns	0,39

Estádios	MS Total		MS Caule	
	QM tratamentos	QM resíduo	QM tratamentos	QM resíduo
R1	300,80 ns	31,33	73,93 *	7,25
R4	951,90 *	24,81	310,88 *	4,38
R5	108,84 ns	5,12	90,25 ns	11,56
R6	497,57 *	35,99	200,40 *	14,00

Estádios	MS Folhas		MS Raízes	
	QM tratamentos	QM resíduo	QM tratamentos	QM resíduo
R1	48,88 ns	5,37	3,09 ns	0,35
R4	58,27 *	3,58	31,42 *	1,34
R5	22,56 ns	6,76	247,28 ns	37,52
R6	20,78 ns	2,56	10,13 *	0,63

Estádios	IAF	
	QM tratamentos	QM resíduo
R1	54,34 *	0,65
R4	30,42 *	0,87
R6	10,81 *	0,58

\* - diferença significativa a 5% de probabilidade  
 ns - diferença não significativa a 5% de probabilidade

APÊNDICE 6. Quadrados médios (QM) do rendimento e seus componentes, características morfofisiológicas e estruturais de plantas de soja em tratamentos irrigado e não irrigado. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1990/91.

Avaliação	QM	Planta	Caule	Ramos
Rendimento de grãos (Kg/ha)	Tratamentos	29889979 *	48955 *	22678428 *
	Resíduo	106546	2641	18920
nº de legumes	Tratamentos	5880,70 *	15,40 ns	5294,21 *
	Resíduo	63,54	9,00	120,01
nº de grãos/legume	Tratamentos	0,02 ns	0,04 ns	0,01 ns
	Resíduo	0,02	0,03	0,02
nº de grãos	Tratamentos	19875 *	64,41 ns	17676 *
	Resíduo	100,33	47,84	281,70
Rendimento de grãos (g)	Tratamentos	1017,79 *	17,18 *	771,26 *
	Resíduo	2,64	3,16	6,86
Peso de 100 grãos	Tratamentos	158,55 *	190,17 *	149,08 *
	Resíduo	0,51	0,82	0,97
Peso da MS dos grãos	Tratamentos	798,10 *	13,51 *	603,96 *
	Resíduo	2,07	0,82	16,07
Rend. biológ. aparente	Tratamentos	2179,49 *	39,43 *	1633,63 *
	Resíduo	14,48	2,00	27,12
ICA	Tratamentos	0,06 *	0,03 *	0,40 *
	Resíduo	0,001	0,002	0,02
nº de nós	Tratamentos	1598,95 *	2,59 ns	1719,91 *
	Resíduo	59,10	1,42	75,73
nº de nós férteis	Tratamentos	512,80 *	16,10 *	710,64 *
	Resíduo	30,68	0,68	39,05
Altura do caule	Tratamentos	-	899,94 *	-
	Resíduo	-	6,19	-
Inserção do 1º legume	Tratamentos	65,27 ns	-	-
	Resíduo	6,91	-	-
nº de ramos	Tratamentos	-	-	4,43 ns
	Resíduo	-	-	0,86
nº de legumes/ ramo	Tratamentos	-	-	120,13 *
	Resíduo	-	-	2,96

Diferença significativa (\*) e não (ns) a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 7. Quadrados médios (QM) obtidos nas análises de variância nas avaliações efetuadas nos experimentos referentes ao tamanho de sementes. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

Avaliação	QM tratamentos	QM resíduo
Peso 100 sementes	33,027 **	0,0362
MS <sup>a</sup> cotilédones	22,042 **	0,0284
MS tegumentos	0,056 **	0,0010
MS eixos embrionários	0,006 **	0,0001
MS radículas	0,142 **	0,0072
MS partes aéreas	18,780 **	0,0499
MS plântulas	21,846 **	0,0413
Rendimento grãos (Kg/ha) <sup>b</sup>	187482 ns	326690

<sup>a</sup> - matéria seca

<sup>b</sup> - EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 1991/92.

\*\* - diferença significativa a 1% de probabilidade

ns - diferença não significativa a 5% de probabilidade

APÊNDICE 8. Quadrados médios (QM) obtidos nas análises de variância das relações do peso de 100 sementes com a matéria seca (MS) das partes das mesmas e das plântulas. FA/UFRGS, Porto Alegre, 1991.

Peso 100 sementes x	QM regressão	QM resíduo
MS cotilédones	109,954 **	0,0283
MS eixos embrionários	0,028 **	0,0001
MS radículas	0,550 **	0,0074
MS partes aéreas	0,495 **	0,0599
MS plântulas	0,488 **	0,0414

\*\* significativo a 1% de probabilidade