

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESTRATÉGIAS DE
IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA SOJA.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rejane Cristina Roppa Kuss

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA SOJA.

por

Rejane Cristina Roppa Kuss

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**

Orientador: Prof. Dr.- Ing. Osvaldo König

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA
CULTURA DA SOJA.**

elaborada por
Rejane Cristina Roppa Kuss

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Oswaldo König, Dr.-Ing.
(Presidente/Orientador)

Luiz Marcelo Costa Dutra, Dr. (UFSM)
(Co-orientador)

Rogério Antônio Bellé, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 24 de fevereiro de 2006.

À

Minha família,

meus pais Nelson Bertholdo Kuss e Cleni Roppa Kuss, ao meu irmão Cassiano Carlos Kuss e, especialmente, ao meu namorado Samuel Roggia.

DEDICO este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo que me concede a cada momento.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa.

Ao professor Osvaldo König, pela orientação e ensinamentos.

Ao Professor Luiz Marcelo Costa Dutra pela co-orientação sempre presente, pelas sugestões, pelo auxílio técnico-científico, pelo acompanhamento do experimento em campo, e principalmente pela amizade e pelos conselhos.

Ao Professor Dinis Fronza pela co-orientação.

Ao Professor Rogério Antônio Bellé, pelo preparo técnico e científico recebido durante a graduação e que serviu de alicerce para a realização do trabalho de mestrado. A este, que na prática nunca deixou de ser meu orientador, agradeço pelas sugestões, pelo empréstimo de equipamentos de laboratório e pela amizade.

Ao Colégio Agrícola de Santa Maria - CASM/UFSM, na pessoa do Professor Hércules Nogueira Filho, por disponibilizar a infraestrutura física e os materiais necessários para a condução do experimento no campo. Agradeço pelo apoio técnico, e principalmente pelo incentivo, pela confiança e pela amizade.

Ao Professor Nelson Dihel Kruse pelo equipamento de irrigação.

Aos professores e funcionários dos Departamentos de Engenharia Agrícola, Defesa Fitossanitária, Fitotecnia e Solos, pelo auxílio técnico nas dúvidas e pelo empréstimo de equipamentos.

Aos bolsistas do Curso Técnico em Agropecuária do CASM, Paulo Zwick e Glauber Renato Sturmer pelo auxílio na condução do experimento.

À minha família que empreendeu muito trabalho e esforço para que eu pudesse ter uma boa formação pessoal e profissional, agradeço a dedicação, o incentivo e o carinho.

Agradeço, em especial, ao meu namorado Samuel Roggia, pelas sugestões, pelo incentivo e pelo trabalho, e agradeço, acima de tudo, pela sua presença constante e por tanta dedicação e carinho.

À todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram com informações, críticas, sugestões e incentivo ao longo deste curso, o meu agradecimento.

**“Porque para Deus nada é impossível.”
(Lucas 1:37.)**

RESUMO

Dissertação de mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) À DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO.

AUTORA: REJANE CRISTINA ROPPA KUSS

ORIENTADOR: OSVALDO KÖNIG

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2006.

O cultivo da soja no Rio Grande do Sul é feito sob condições ambientais variadas e predominantemente sem irrigação. No entanto, a soja tem sido usada como uma cultura alternativa para rotação de culturas nas lavouras irrigadas, sendo semeada principalmente após a época recomendada. No entanto quando semeada tardiamente, a soja apresenta perdas de rendimentos pelo fato de estar exposta a fatores bióticos e abióticos que podem ser limitantes à produtividade da cultura. Em função disto, este trabalho teve por objetivo verificar qual o efeito do manejo da irrigação e da população de plantas mais adequados à condição de cultivo da soja semeada após a época recomenda em Santa Maria. O experimento foi conduzido de janeiro a maio de 2005 na Área Experimental do Colégio Agrícola de Santa Maria, UFSM. A semeadura foi realizada em 10 de janeiro de 2005. Foi utilizada a cultivar de soja convencional Coodetec 205 (CD 205) lançada em 1998 pela Ocepar/Coodetec. O experimento foi um bifatorial, tendo como níveis três manejos da irrigação e duas populações de plantas, totalizando seis tratamentos com quatro repetições, resultando em 24 unidades experimentais. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram distribuídos os três manejos de irrigação: 1) não irrigado; 2) irrigado todo o ciclo; e 3) irrigado nos períodos críticos. Nas subparcelas foram distribuídas as duas populações de plantas (250.000 e 400.000 plantas.ha⁻¹). A colheita das plantas foi realizada em 21 de maio de 2005, aos 125 dias após a emergência. Tanto o manejo da irrigação para a cultura da soja, quanto a adequação da população de plantas ocasionaram diferenças no rendimento da soja semeada após a época indicada. O maior rendimento de grãos foi obtido com a irrigação da cultura durante todo o ciclo da soja na população de 400.000 plantas.ha⁻¹, que não diferiu das plantas irrigadas todo ciclo na população de 250.000 plantas.ha⁻¹. O rendimento de grãos das plantas não irrigadas teve um incremento de 21,5% com o aumento da população de plantas para 400.000 plantas.ha⁻¹. Para as plantas irrigadas todo o ciclo e irrigadas somente nos períodos críticos, o rendimento de grãos não mostrou diferenças significativas entre as populações de plantas. Apesar do número de legumes por planta ter sido maior para as menores populações, o número de legumes por metro quadrado foi maior para a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ irrigado todo ciclo compensado pelo maior número de plantas. O número de grãos por legume não foi influenciado pelos manejos da irrigação, nem pelas populações de plantas. O peso médio de grãos foi maior para a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ e para as plantas não irrigadas.

Palavras-chaves: irrigação, rendimento, *Glycine max* (L.) Merrill.

ABSTRACT

Máster`s Dissertation
Graduation Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria – RS, Brazil

Plant population and irrigation strategies in the soybean tillage.

AUTHOR: REJANE CRISTINA ROPPA KUSS

ADVISOR: OSVALDO KÖNIG

Date and local of presentation: Santa Maria, February 24th, 2006.

The cultivation of the soybean in the Rio Grande do Sul is done under varied environmental terms and predominantly without irrigation. However, soybean has been used as an alternative tillage to tillage rotation in the irrigated agriculture, being sown mostly in late cultivate. However when sown lately, grain yield soybean is low by exposed at biotic factors and abiotics that can be limiting to cultivate productivity. The objective of these experiments were to verify which effect of irrigation and plant population more adequate to tillage condition of soybean sown after time recommends in Santa Maria. The experiment was conducted during January and May 2005 at Experimental Area from Agricultural School of Santa Maria, UFSM. The sowing was in 10 of January 2005. It was used conventional cultivate of soybean Coodetec 205 (CD 205) launched in 1998 by Ocepar/Coodetec. The experiment was a bifactorial, having as levels three handlings of irrigation and two plant population, totalizing six treatments with four repetitions, resulting in 24 experimental units. The experiment design was randomized blocks with subdivided bits. In the main bits were distributed three irrigation handlings: 1) no irrigated; 2) irrigated all cycle; and 3) irrigated in critical periods. In subplot were distributed both plants populations (250.000 and 400.000 plants.ha⁻¹). Harvest of the plants was accomplished in 21st 2005, at 125 days after emergency. So much the handling of the irrigation to soybean tillage, regarding adaptation of the plants population caused differences in grain yield soybean sown after time recommends. The biggest grain yield was obtained with irrigation during all cycle of the soybean in the population of 400.000 plants.ha⁻¹, that don't differ of irrigated plants all cycle in the population of 250.000 plants.ha⁻¹. The grain yield of no irrigated plants had an increment of 21,5% with the increase of plant population to 400.000 plants.ha⁻¹. For irrigated plants all cycle and only irrigated in critical periods, the grain yield don't show significant differences between plant populations. Despite of pods number for plant have been larger for the populations minors, pods number for square meter was larger for the population of 400.000 plants.ha⁻¹ irrigated all cycle compensated by the largest number of plants. The number of grains for pod was not influenced by irrigation, neither by the plant populations. The middle weight of grains was larger to population 400.000 plants.ha⁻¹ and to not irrigated plants.

Key words: irrigation, yield, *Glycine max* (L.) Merrill.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Rendimento (Kg.ha^{-1}) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 44**
- Tabela 2 – Número de legumes por planta produzidos pela cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 49**
- Tabela 3 – Número de grãos por legume e peso médio de grãos da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e população de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 50**
- Tabela 4 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}) e índice de área foliar, no estágio R2 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS..... 52**
- Tabela 5 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}) e índice de área foliar no estágio R2 da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 53**
- Tabela 6 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}), no estágio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS..... 54**

Tabela 7 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}), no estágio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	55
Tabela 8 – Índice de área foliar no estágio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	55
Tabela 9 – Massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	57
Tabela 10 – Componentes da massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	58
Tabela 11 – Rendimento biológico aparente ($\text{g.}\frac{1}{2}\text{m}^{-1}$) e índice de colheita da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	59
Tabela 12 – Estatura de plantas, altura de inserção do 1° legume e número de ramos por planta da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.....	60
Tabela 13 – Estatura de plantas, altura de inserção do 1° legume e número de ramos por planta da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.....	61
Tabela 14 – Número de nós da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.....	62

Tabela 15 – Número de nós da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 63

Tabela 16 – Número de legumes por m^2 produzidos pela cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS..... 64

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Reservatórios de água para irrigação, capacidade de 7000 L cada, área Experimental do Colégio Agrícola de Santa Maria. 2005, Santa Maria, RS..... 37**
- Figura 2. Tensiômetros de Bourdon instalados a 15 e 30 cm no solo do experimento para monitoramento da tensão de água no solo. 2005, Santa Maria, RS..... 38**
- Figura 3. Balanço hídrico do manejo irrigado todo ciclo. 2005, Santa Maria, RS..... 45**
- Figura 4. Balanço hídrico do manejo irrigado nos períodos críticos. 2005, Santa Maria, RS..... 46**
- Figura 5. Balanço hídrico semanal do manejo sem irrigação. 2005, Santa Maria, RS..... 47**

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Análise química simplificada, do solo da área experimental.....	78
ANEXO B - Análise química completa, do solo da área experimental.....	79
ANEXO C - Análise física do solo.....	80
ANEXO D – Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja...	801

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO 1	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
1.1 A agricultura irrigada.....	20
1.2 Soja “Safrinha”.....	21
1.3 Necessidades hídricas da cultura da soja.....	24
1.4 Manejo da irrigação e período crítico da soja ao déficit hídrico.....	26
1.5 População de plantas na soja.....	29
CAPÍTULO 2	
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 Descrição do clima e classificação do solo.....	34
2.2 Caracterização química do solo.....	35
2.3 Caracterização física do solo.....	35
2.4 Semeadura.....	36
2.5 Delineamento experimental e tratamentos.....	36
2.6 Manejo da irrigação.....	37
2.7 Condução do experimento e tratos culturais.....	39
2.9 Rendimento de grãos.....	39
2.10 Componentes do rendimento.....	40
2.11 Características fisiológicas relacionadas ao rendimento de grãos...	41

2.11.1 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R2 e R6.....	41
2.11.2 Massa seca da parte aérea e seus componentes, rendimento biológico aparente e índice de colheita.....	41
2.12 Características morfológicas.....	42
2.13 Análise estatística.....	43
CAPÍTULO 3	
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
3.1 Rendimento de grãos.....	44
3.2 Componentes do rendimento.....	48
3.2.1 Número de legumes por planta.....	48
3.2.2 Número de grãos por legume.....	49
3.2.3 Peso médio de grãos.....	50
3.3 Características fisiológicas relacionadas ao rendimento de grãos.....	51
3.3.1 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R2.....	51
3.3.2 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R6.....	53
3.3.3 Massa seca da parte aérea e seus componentes, rendimento biológico aparente e índice de colheita.....	56
3.4 Características morfológicas.....	60
CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXOS.....	77

INTRODUÇÃO

A cultura da soja expandiu-se rapidamente no Brasil e no Rio Grande do Sul nas últimas décadas. Nos anos setenta, a cultura ocupava uma área de aproximadamente 1,3 milhões de hectares no país (SILVA, 1984). O crescimento foi tanto que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), a área de cultivo de soja na safra 2005/2006 foi prevista em 23 milhões de hectares, sendo considerada a cultura de maior relevância nas exportações de grãos do país.

No balanço mundial do mercado da soja, o Brasil tem se destacado como o segundo maior produtor e exportador de grãos da leguminosa nos últimos oito anos (NEHMI, 2004). Tendo em 2005, produzido 51 milhões de toneladas (IBGE, 2005) e exportado 23 milhões de toneladas (BLACKBURN, 2006).

No Rio Grande do Sul a soja é a cultura que detém a maior área de plantio, oscilando em torno de 3 milhões de hectares, com uma participação de 18,6% da produção nacional. A cultura da soja se consolidou tanto na economia gaúcha, que na safra 2002/2003 foi cultivada em 80% dos municípios (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005).

O rendimento da cultura da soja depende do potencial genético das cultivares e de fatores que interferem na intensidade fotossintética da planta (MULLER, 1981). Tanto o arranjo de plantas no dossel vegetativo, quanto à época de semeadura e a disponibilidade hídrica, podem ser limitantes à fotossíntese e conseqüentemente à produtividade da cultura.

O cultivo da soja no Estado é feito sob condições ambientais variadas e predominantemente sem irrigação (RODRIGUES, 2001). No entanto, a freqüência e a intensidade das chuvas, no Rio Grande do Sul, no período de desenvolvimento da cultura, na média dos anos, não são suficientes para que as plantas de soja manifestem todo seu potencial produtivo (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005).

Segundo Buriol (1977), em 61 anos de estudo do balanço hídrico do Estado, a probabilidade de ocorrência de déficit hídrico maior que 40 mm para os meses de janeiro e fevereiro, em Santa Maria, é em torno de 20% para solos de 75 mm de capacidade de retenção de água. Cardoso (2005) verificou uma probabilidade semelhante de ocorrência de deficiência hídrica de 40 mm na Região Central do Estado, sendo próxima de 20% no mês de janeiro, para solo com capacidade de retenção de água de 75 mm.

A reduzida disponibilidade hídrica e a distribuição irregular das precipitações pluviais, que em muitas vezes coincidem com a fase crítica das culturas nas diferentes regiões do RS, são as principais variáveis meteorológicas determinantes de oscilações no rendimento de grãos da cultura da soja (MOTA et al.; 1991; MOTA et al., 1996; CUNHA et al., 1998; BERLATO & FONTANA, 1999).

Para maximizar a produtividade das culturas no RS, principalmente a produção de grãos, tem-se aumentado o nível tecnológico de cultivo das lavouras, e entre estes se destaca a irrigação. Segundo Michelon (2005), nos últimos anos têm-se observado um significativo aumento da área irrigada por aspersão no Estado, estimando-se que esta área, irrigada através de pivô central, esteja próxima dos 35 a 40 mil hectares.

É neste contexto de aumento das áreas irrigadas, que a soja surgiu como uma cultura alternativamente viável para englobar o sistema de rotação de culturas em áreas irrigadas no RS, por apresentar um elevado potencial de produtividade possibilitando o aumento da lucratividade do produtor, principalmente, como cultura utilizada na safrinha e em sucessão ao cultivo de milho para semente (RODRIGUES, 2001). Melo (2006), caracterizando sistemas de cultivo em áreas irrigadas no Rio Grande do Sul, verificou que as principais culturas utilizadas em safrinha nas áreas irrigadas foram a soja e o feijão, sendo que entre os anos agrícolas 1999 e 2003, a área de soja cultivada em safrinha cresceu 587,07%.

A soja quando semeada na safrinha é exposta a fatores bióticos e abióticos que podem ser limitantes à produtividade da cultura (SINCLAIR, 1994). Além do maior risco de ataque de pragas e doenças, fatores climáticos podem interferir no desenvolvimento da mesma. Como esta é uma espécie termo e fotossensível, está sujeita a alterações fisiológicas e morfológicas, quando as suas exigências térmicas e fotoperiódicas não são satisfeitas (EMBRAPA, 2002a).

Segundo Bonato (1993), semeaduras tardias podem reduzir em 20% o rendimento de grãos de cultivares de ciclo tardio, quando comparado com semeaduras de novembro. Já, Rodrigues et al. (2001) observaram reduções entre 60 e 70% no rendimento para as cultivares semeadas em 17 de janeiro.

Segundo Costa (1996) o potencial de rendimento da soja é determinado geneticamente, e o quanto deste potencial vai ser atingido depende do efeito de fatores limitantes que estarão atuando em algum ponto durante o ciclo. O efeito desses fatores pode ser minimizado pela adoção de um conjunto de práticas de manejo que faça com que a sociedade de plantas tenha o melhor aproveitamento possível dos recursos ambientais disponíveis. Sendo que, para minimizar este problema, algumas alternativas são a seleção de genótipos para esta condição de cultivo, redução no espaçamento entre linhas e variação na população de plantas. No entanto, inexistem no momento cultivares registradas para o cultivo fora de época. A redução no espaçamento, apesar da comprovação do seu valor como prática de manejo para a soja, esbarra na limitação da maioria das semeadoras não permitirem reduções menores de 40 cm. Desta forma, a variação da população de plantas por hectare pode ser uma alternativa fácil e viável, por permitir que a cultura alcance a máxima interceptação de luz mais cedo, melhorando sua capacidade produtiva.

A interferência do déficit hídrico sobre o rendimento vai depender da intensidade do déficit, da duração, do estágio fenológico da cultura e da interação com outros fatores determinantes da expressão do rendimento final. O conhecimento dos períodos críticos ao déficit hídrico, bem como, das respostas das plantas em termos de disponibilidade de água no solo, possibilita a adoção de práticas de manejo que visam à otimização do uso da água na agricultura (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992).

Segundo (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992), quando a semeadura é feita dentro da época recomendada e se obtém um bom estabelecimento, a irrigação antes do início do florescimento somente se justifica em casos extremos. Estes autores citam a irrigação antes do florescimento como uma condição mais vantajosa para condições que podem ser limitantes ao desenvolvimento das plantas, como é o caso de semeaduras tardias.

Diferentes cultivares de soja respondem de forma diferente a irrigação e a população de plantas, em função do ciclo e de características intrínsecas a cada cultivar. Doss & Thurlow (1974) concluíram que de todos os fatores que influenciam

no rendimento da soja como irrigação, população de plantas, espaçamento entre linhas e variedade, a irrigação e a variedade foram os fatores que mais contribuíram para o rendimento.

Na cultura da soja, a população de plantas é um fator que pode ser manipulado para se estabelecer uma lavoura que expresse o máximo de rendimento e adaptação estrutural à colheita mecânica, em função de uma máxima interceptação de radiação. Para isso deve-se levar em consideração as exigências da cultivar que se pretende semear, das condições de fertilidade do solo, da época de semeadura e da disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura (ENDRES, 1996).

Para a condição de cultivo de soja irrigada em safrinha, são poucas as informações sobre manejo das cultivares convencionais mais recentes, e a resposta das plantas ao manejo da irrigação em função da população de plantas. É fundamental, portanto, o conhecimento da relação existente entre o rendimento de grãos e a resposta morfológica da soja, ao manejo da irrigação e a variação da população de plantas para a soja cultivada após a época recomendada no Rio Grande do Sul.

Portanto, face à grande potencialidade e expressão econômica que a soja representa para o Rio Grande do Sul, se fazem necessários estudos sobre a viabilidade da soja, para cultivo em lavouras irrigadas na safrinha, e o manejo mais adequado para esta forma de cultivo.

Este trabalho tem por objetivo verificar qual o efeito do manejo da irrigação e da população de plantas mais adequados à condição de cultivo da soja semeada após a época recomendada em Santa Maria sobre o rendimento de grãos e os componentes do rendimento.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A agricultura irrigada

O crescimento populacional e a conseqüente demanda por alimentos, têm forçado a expansão das fronteiras agrícolas, muitas vezes estabelecendo a agricultura em áreas impróprias para o cultivo e assim, causando degradação ambiental em grande escala (RODRIGUES, 2001). O incremento na produção de alimentos, no entanto pode também ser conseguido mediante o aumento da produtividade, utilizando técnicas de produção compatíveis com a realidade do produtor e da região (PETRY, 2000). Dentre as tecnologias disponíveis para o aumento da produtividade nas áreas agrícolas, podem ser destacadas a irrigação, o uso de material genético com características desejáveis e a adequação da população de plantas.

Mundialmente, a agricultura consome cerca de 69% de toda água derivada de rios, lagos e aquíferos subterrâneos (CHRISTOFIDIS, 1997). Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Estima-se que, a nível mundial, no ano de 2020 os índices de consumo de água para a produção agrícola sejam mais elevados na América do Sul, África e Austrália. Pode-se prever um incremento maior da produção agrícola no Hemisfério Sul, especialmente pela possibilidade de elevação da intensidade de uso do solo que, sob irrigação, produz até três cultivos por ano (PAZ et al., 2000).

Segundo Ferreira (1993), na agricultura irrigada brasileira, não é raro encontrar sistemas de irrigação que são conduzidos sem a preocupação com o manejo e operações adequadas, resultando em baixa eficiência e comprometendo a expectativa de aumento da produtividade. Medeiros (2003), comparando o volume real de água aplicado e o volume estimado pelo balanço hídrico de 1999 a 2000, verificou que na maioria dos meses estudados, ocorreu uma aplicação excessiva de água em todas as áreas avaliadas, com exceção dos meses de janeiro de 1999 e janeiro, fevereiro, março e abril de 2000, em que houve deficiência hídrica.

Segundo Paz et al. (2000) o estudo e o monitoramento das condições meteorológicas e de água no solo durante o desenvolvimento das culturas, permite quantificar a água requerida pelas culturas no momento certo, a partir de instrumentos de medida e de monitoramento da água instalados no solo, o que seria uma forma de maximizar o uso da água.

No Brasil o uso da irrigação se dá nos mais variados climas, solo, cultura e situação sócio-econômica. Para ter sucesso na agricultura irrigada, o manejo adequado da irrigação envolve mais fatores que a simples instalação e operação de um sistema de irrigação, é preciso aplicar a quantidade certa de água no momento certo. Quando a irrigação é aplicada de forma inadequada, elevam-se consideravelmente, os custos de produção, estabelecendo um forte desequilíbrio na relação custo-benefício de uma área irrigada (CARLESSO et al., 2000), já que, na irrigação de qualquer atividade agrícola, a meta principal é a obtenção do máximo retorno econômico.

Nos últimos anos tem sido verificado um significativo aumento das áreas irrigadas no Rio Grande do Sul, principalmente como uma forma de aumentar a produtividade das culturas e de dar um uso mais intensivo ao solo. Segundo Melo (2006), das áreas irrigadas por pivô central no estado, 40% destas utilizaram a cultura da soja para cultivo em safrinha, no sistema de rotação de culturas.

1.2 Soja “safrinha”

A soja é uma espécie que tem resposta fotoperiódica para a indução ao florescimento, e, com base nisto as cultivares são classificadas em grupos de maturação (GANDOLFI & MULLER, 1981). A soja cultivada no Rio Grande do Sul é altamente sensível ao fotoperíodo e pode ser induzida com apenas uma noite longa.

O zoneamento agrícola e a recomendação das épocas preferenciais para a semeadura da soja são feitos com base na temperatura, disponibilidade hídrica e fotoperíodo (CUNHA et al., 2002).

A época recomendada para semeadura da soja no Estado é de 11 de outubro a 31 de dezembro (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2005). Portanto, neste trabalho, será considerada como soja safrinha, as lavouras semeadas com soja após a época recomendada.

A literatura sobre o manejo da soja, em geral, é extensiva. No entanto, existem poucas informações relacionadas ao estudo da soja cultivada em safrinha sob irrigação nas condições climáticas do Rio Grande do Sul, com cultivares mais recentes. Segundo a Embrapa (2002a), a existência de poucas informações sobre as cultivares e o manejo mais recomendado para esta situação, é devida à dificuldade de seleção de cultivares em função do ataque de percevejos.

Há um consenso de vários autores na afirmativa de que a soja cultivada em safrinha apresenta perdas de rendimento. Segundo Bonato (1993), semeaduras no final de dezembro tendem a reduzir o rendimento de cultivares precoces, médias, semitardias e tardias, quando comparadas com o rendimento da semeadura de novembro, com uma redução de 20% para as cultivares tardias. Já, para semeaduras de janeiro, Rodrigues et al. (2002a) observaram reduções entre 60 e 70% no rendimento para as cultivares semeadas em 17 de janeiro.

Segundo a Embrapa (2002a), semeaduras mais tardias de soja podem apresentar quebra de rendimento entre 10 e 40%, quando comparadas com as semeaduras em épocas recomendadas. Em concordância, Barni & Matzenauer (2000) ressaltam que a queda no rendimento pode ser diminuída com o uso da irrigação, já que a principal causa do baixo rendimento em semeaduras tardias é o déficit hídrico (BROWN et al. 1985; BERLATO & FONTANA, 1999; CUNHA et al., 1999).

Porém, Rodrigues (2002a) contraria a idéia de que a principal variável meteorológica responsável pela queda da produtividade é a deficiência hídrica, ao afirmar que o baixo nível de radiação solar acumulado durante o período reprodutivo tem sido apontado como causa principal da perda de rendimento de soja, em semeadura tardia. Segundo Rodrigues (2002a), as cultivares tardias apesar de terem maior potencial de rendimento, em função de terem maior tempo para crescimento vegetativo, não conseguem expressar tal potencial nas semeaduras tardias em função da reduzida disponibilidade de radiação durante o enchimento das vagens.

Boerma e Ashley (1982) encontraram interação significativa entre data de semeadura e irrigação em soja. Em período de déficit hídrico, o aumento do rendimento devido à irrigação foi de 355% no plantio do tarde e 115% no plantio super tarde, ou seja, apesar de haver um incremento de produtividade em função da irrigação, a época de semeadura mais tardia ainda implicou em perda de

rendimento. Sweeney & Granade (2002) concluem que quando a soja é semeada no tarde, uma única irrigação durante os estágios reprodutivos pode aumentar o rendimento da soja.

A semeadura em época inadequada, além de afetar o rendimento pode causar alterações em características que estão relacionadas com a produção, tais como altura de plantas e de inserção do primeiro legume, número de ramos e número de nós da haste principal (ENDRES, 1996; MARTINS et al. 1999; PEIXOTO et al. 2001).

Outro efeito da semeadura realizada após o período recomendado, é o encurtamento do sub-período de emergência ao florescimento, iniciando-se essa última etapa antes que a planta esteja suficientemente desenvolvida (ENDRES, 1996). Já Martins et al. (1999) verificaram que o atraso na semeadura causa redução no ciclo da soja principalmente na fase reprodutiva. Motta et al. (2002), estudando os efeitos da época de semeadura nas características agrônômica de cinco cultivares de soja, confirmaram os resultados de ambos os autores citados anteriormente, concluindo que o atraso na época de semeadura apresentou influência no ciclo da cultura, reduzindo o número de dias para a floração e a maturação.

Segundo a Embrapa (2002a) o cultivo da soja em safrinha não é indicado por duas razões básicas: primeiro por ser uma atividade onde o ciclo da cultura coincide com as épocas de maior risco climático; e em segundo por favorecer a proliferação de pragas e doenças da soja, no local onde é praticada. Na atualidade, um forte temor é a multiplicação do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, causador da ferrugem da soja, que pode apresentar uma maior pressão de inóculo com o atraso da semeadura, além de ter condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, principalmente em condições de cultivo irrigado.

A partir de resultados obtidos pela Embrapa Agropecuária Oeste (BRASIL, 2002) em 41 cultivares avaliadas, em quatro diferentes épocas de semeadura, observou-se que, para a média dos materiais estudados, houve uma tendência de aumento da severidade da ferrugem nas semeaduras mais tardias, relacionado à redução da produtividade.

Segundo a Embrapa (2005) a soja sob pivô para produção de sementes ou mesmo em safrinha, favorece o desenvolvimento do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, por propiciar um microclima úmido e de temperaturas mais amenas no interior do

dossel vegetativo. Ressalta que por melhor que seja feito o controle de doenças, é difícil proteger o terço inferior da planta, fato que pode facilitar o desenvolvimento do fungo. Alerta ainda, que o cultivo de soja safrinha acaba gerando o efeito “ponte-verde” e dá condições para que a ferrugem apareça com mais intensidade na safra de verão. Cabe ressaltar, que nestas situações de cultivo, é importante prever um manejo adequado da irrigação, no qual seja previsto um menor tempo de molhamento foliar, acompanhado de um rígido sistema de prevenção e controle de doenças.

1.3 Necessidades hídricas da cultura da soja

O consumo de água das culturas é determinado, basicamente, pela demanda evaporativa da atmosfera, propriedades do solo e características das plantas (BERGAMASCHI, 1992). Segundo Carlesso (1995) o suprimento de água às plantas é determinado pela habilidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo e, a demanda, por outro lado, é determinada pela combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o dossel vegetativo da cultura.

As perdas de água por evaporação e transpiração que ocorrem em uma cultura à campo, constituem a evapotranspiração, essencial para estimar a quantidade de água requerida para irrigação (PEREIRA et al., 1997). A evapotranspiração máxima acumulada de uma cultura depende do seu ciclo de desenvolvimento, varia principalmente com as características das plantas, duração do ciclo, umidade do solo e condições atmosféricas, destacando-se a radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do ar.

Há também características da comunidade de plantas que influenciam a evapotranspiração, como a influência da arquitetura foliar, da taxa de crescimento e cobertura do solo, da população de plantas, do espaçamento entre linhas, da orientação, da altura das plantas, da profundidade e densidade do sistema radicular e do estágio fenológico da cultura (SEDYAMA et al., 1998).

Segundo a Embrapa (2002b) a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo.

Rosa (2000), em estudo realizado na região de Cruz Alta - RS, analisando uma média de 10 anos, verificou que houve um déficit médio de água, via precipitação pluviométrica de aproximadamente 38% para a cultura da soja. Necessitando uma lâmina média anual de irrigação de 222 mm para o seu cultivo.

Rodrigues (1990) estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o rendimento da soja verificou que a produção de grãos aumentou com o aumento da lâmina de água total aplicada e que os maiores rendimentos, isto é, 2.619,1 kg.ha⁻¹, 2.595,6 kg.ha⁻¹ e 2.973,7 kg.ha⁻¹, foram obtidos com níveis de 409,4 mm, 518,5 mm e 591,9 mm de água aplicada, respectivamente.

Assim, a lâmina total de água necessária por uma cultura durante o seu ciclo deve atender as exigências hídricas das plantas em todos os sub-períodos do ciclo de desenvolvimento. Deve-se ressaltar que as necessidades hídricas das plantas variam de um período para outro, aumentando desde a emergência das plântulas, com valores muito baixos, até o ponto de máxima área foliar onde se observa a maior evapotranspiração.

Berlato et al. (1986) determinando a evapotranspiração máxima da soja e as relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque classe A e a radiação solar global, encontraram que os maiores consumos de água pela soja, ocorreram do início da floração ao início da fase de enchimento de grãos, com uma média de 7,5 mm.dia⁻¹. Os coeficientes de cultura (Kc), que relacionam a evapotranspiração máxima com variáveis meteorológicas, também mostram valores mais elevados, do início do florescimento ao início da fase de enchimento de grãos, coincidindo com a maior altura das plantas e máximos índices de área foliar.

Quando é feita a aplicação de uma lâmina de água excessiva, pode-se provocar a saturação do solo e falta de oxigênio para as raízes, o que diminuiria o crescimento das mesmas. Uma irrigação excessiva também poderia causar deficiências nutricionais e favorecer o ataque de doenças radiculares. Em plantios de alta densidade e quando se tem situações de umidade prolongada, cria-se um micro-clima no dossel favorável ao desenvolvimento da doença por dificultar a aeração das partes sombreadas das plantas (FUNDAÇÃO CARGILL, 1977).

Além de perdas no rendimento, risco de doenças e maior gasto com fungicidas, um manejo inadequado da irrigação acarretaria em maiores gastos de

água e energia, aumentando os custos de produção, o que poderia causar um forte desequilíbrio na relação custo benefício de uma área irrigada (CARLESSO, 2000).

1.4 Manejo da irrigação e períodos críticos da soja ao déficit hídrico

Uma das principais causas da variação da produtividade das culturas no Brasil tem sido a ocorrência de déficit hídrico, que pode ocorrer em períodos críticos do ciclo de desenvolvimento das culturas (BROWN et al., 1985).

Em campo, deficiências hídricas expressivas, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento dos folíolos devido à desidratação dos tecidos. Este comportamento de redução da transpiração, pode ter como conseqüência à queda prematura das folhas, de flores e legumes, resultando por fim, em redução no rendimento de grãos (BONATO, 2000; EMBRAPA, 2002b).

A abscisão de folhas, flores e legumes se dá devido à formação do ácido abscísico e conseqüente produção de etileno. Durante períodos de estresse hídrico, há um aumento no nível de ácido abscísico, com o objetivo de causar o fechamento estomático em poucos minutos para reduzir as perdas de água. O fechamento dos estômatos se dá pela perda de solutos das células-guarda que se desidratam. Essa perda de solutos das células-guarda, começa quando o ácido abscísico produzido nas células do mesófilo atinge os estômatos, indicando que as células do mesófilo estão experimentando um déficit hídrico (HAVEN et al., 2001).

Tanto o manejo da irrigação quanto a população de plantas interferem no rendimento da soja, pois são fatores que agem na eficiência fotossintética do dossel vegetativo. Segundo Andrade (2002) a taxa de crescimento da cultura é diretamente proporcional a quantidade de radiação solar interceptada. Canfalone & Dujmovich (1999) estudando a influência do déficit hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja, concluíram que o déficit hídrico produz um efeito diferencial sobre o crescimento e produção de biomassa na cultura da soja, segundo o momento de ocorrência e a severidade do estresse.

Korte et al. (1983) consideram a sensibilidade máxima a falta de água na cultura no período de formação de legumes e enchimento de grão. Segundo Queiroz et al. (1996) os efeitos da deficiência hídrica sobre o rendimento vão depender da

intensidade, duração, época de ocorrência e da interação com outros fatores determinantes da expressão do rendimento final.

No caso da soja os dois períodos mais sensíveis à falta de água no solo são germinação-emergência e floração-enchimento de grãos, porque envolvem diretamente a formação dos componentes do rendimento: número de plantas por área, número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso médio de grãos (BERLATO, 1981; CUNHA & BERGAMASCHI, 1992; BONATO, 2000; CASAGRANDE, 2001; EMBRAPA, 2002b). Nestes dois períodos o déficit hídrico poderia ter interferência direta nos componentes do rendimento, enquanto no restante do ciclo os efeitos são menos pronunciados, somente afetando indiretamente os componentes do rendimento (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992).

Durante o período de germinação-emergência, tanto o excesso quanto o déficit são prejudiciais à obtenção de um bom estabelecimento do dossel vegetativo, em função da diminuição do estande de plantas (CASAGRANDE, 2001; EMBRAPA, 2002b). Segundo Howell (1963) e Embrapa (2002b), a semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de umidade em relação à sua fitomassa seca para assegurar uma boa germinação. Nesta fase, a água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50%.

Segundo Bonato (2000), secas severas na fase vegetativa, reduzem o crescimento da planta e diminuem a área foliar e o rendimento de grãos. Enfatiza também, que o déficit hídrico determina plantas de pequena estatura, raquíticas, com folhas pequenas e entrenós curtos. Resultados obtidos por Petry (2000) confirmam que o déficit hídrico aplicado na fase vegetativa reduz o crescimento de plantas de soja devido à diminuição no número de nós e comprimento dos entre nós.

A irrigação da soja durante o período vegetativo tem influência direta sobre a estatura da planta, área foliar e altura de inserção do primeiro legume, além de outros efeitos sobre a arquitetura da planta. Portanto ela tende a ser mais vantajosa em condições que podem ser limitantes ao desenvolvimento das plantas, como é o caso de semeaduras tardias (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992). Segundo os mesmos autores, quando a semeadura é feita dentro da época recomendada e se obtém um bom estabelecimento, a irrigação antes do início do florescimento somente se justifica em casos extremos. Em estiagens de curta duração os efeitos são muito pequenos, podendo inclusive, haver prejuízos em termos de custo benefício.

A irrigação no período vegetativo pode não ser limitante ao rendimento, mas influencia positivamente o rendimento ao dar condições de um vigoroso crescimento vegetativo. Para Thomas & Costa (1994), a área foliar fotossinteticamente ativa das plantas é o fator mais sensível ao déficit hídrico e um dos fatores que afeta o rendimento das culturas. Em caso de déficit hídrico, a redução na expansão foliar e aceleração da senescência das folhas fisiologicamente mais velhas parece ser uma tentativa da folha em reduzir o uso da água. Doss & Thurlow (1974) mostram que a soja usualmente responde positivamente a irrigação suplementar durante o período de crescimento vegetativo. Maehler (2003b) cita que o crescimento vegetativo vigoroso promove o desenvolvimento rápido da área foliar e a formação de uma estrutura de planta capaz de suportar rendimentos elevados. Da mesma forma, boas condições de crescimento vegetativo, levam ao aumento da acumulação de proteínas armazenadas nos tecidos vegetativos, que durante o enchimento de grãos são redistribuídas para estas estruturas.

Contrariamente, Boerma & Ashley (1982) indicam que a sensibilidade da cultura é mínima durante a fase vegetativa a não ser que a severidade do déficit hídrico limite muito o porte da planta. Desta forma, a irrigação da soja na fase vegetativa tende a ser mais vantajosa no caso de semeadura tardias, em que as condições são limitantes a um bom desenvolvimento das plantas (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992).

Vários autores concluíram que a irrigação durante a fase de crescimento vegetativo, se mostrou menos importante que durante os períodos de florescimento, formação de legumes e enchimento de grão (DOSS et al. 1974; ASHLEY & ETHRIDGE, 1978; RODRIGUES, 1990; QUEIROZ et al., 1998). A falta de água durante o enchimento de grãos reduz o tamanho e o peso de grãos, devido a diminuição do suprimento de fotoassimilados produzidos pela planta e/ou inibição do metabolismo do próprio grão (SALINAS et al., 1996).

Do total de flores produzidas pela soja, 40 a 80% são abortadas naturalmente no florescimento e início da formação de legumes (HANSEN & SHIBLES, 1978). No entanto, a queda de legumes ocorre numa intensidade muito menor que o aborto de flores em função do estresse hídrico (DOMINGUEZ & HUME, 1978). Porém, apesar da soja ser uma planta que naturalmente aborta até 80% de suas flores, um déficit hídrico severo no período de florescimento e desenvolvimento dos legumes, pode levar ao abortamento de flores além do normal e queda de vagens. A irrigação no

florescimento reduz o aborto de flores e abscisão de legumes, proporciona um incremento no potencial de rendimento de grãos por proporcionar um maior peso de grão e número de grãos por legume (MAEHLER, 2003a).

Foroud et al. (1993) verificaram que um estresse hídrico em R5 reduziu as medidas das características avaliadas na soja e foi mais crítico que o estresse em R2. Sweeney e Granade (2002) afirmam que uma única irrigação durante os estádios reprodutivos pode aumentar o rendimento da soja (grupo de maturidade IV), especialmente quando a soja é semeada no tarde. Rambo et al. (2004), avaliando o potencial de rendimento da soja em três extratos do dossel da soja em função da modificação do arranjo de plantas, em dois regimes hídricos, concluíram que a irrigação, mesmo quando aplicada no final do ciclo, reduz a perda de potencial de rendimento em soja.

Mesmo entre os autores que concordam que o período crítico da soja ao déficit hídrico é maior nos estádios reprodutivos, há uma variação muito grande de respostas encontradas, relacionadas ao rendimento de grãos em função da época de aplicação de água. No entanto, há um consenso geral de que o maior dano pode ser causado no período de enchimento de grãos, em que o metabolismo de produção e acúmulo de fotoassimilados pode ser freado pela falta de água e nutrientes em solução no solo, resultando em legumes pequenos e baixo peso de grãos (SALINAS et al., 1996; BONATO, 2000; CASAGRANDE, 2001, RODRIGUES, 2001).

1.5 População de plantas na soja

Segundo as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina 2004/2005, a população de plantas recomendada para a cultura situa-se em torno de 400.000 plantas.ha⁻¹ ou 40 plantas.m⁻². Em geral, estudos desenvolvidos em várias regiões do país demonstraram que variações de 20 a 25%, para mais ou para menos neste número não alteraram significativamente o rendimento (REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA REGIÃO SUL, 2004), porém no caso da soja irrigada e algumas cultivares em particular, a população de plantas altera significativamente os rendimentos da soja em função da arquitetura da planta,

da suscetibilidade ao acamamento e conseqüentes perdas na colheita, além dos danos causados por doenças.

A população de plantas em soja é fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Segundo Gaudêncio et al. (1990), a soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais a sua morfologia que o rendimento de grãos. Da mesma forma, Peixoto et al. (2001), testando épocas de semeadura e densidade de plantas, não encontrou diferenças significativas no rendimento de grãos entre as diferentes populações de plantas, tendo verificado um aumento na altura de plantas com o aumento da densidade.

Gaudêncio et al. (1990), não observaram redução no rendimento da cultura comparando populações de plantas de 280.000 plantas.ha⁻¹ até 650.000 plantas.ha⁻¹, e atribuem esta resposta à plasticidade da cultura. Recomendam que em áreas onde o acamamento da soja é freqüente, populações de 280.000 plantas.ha⁻¹ a 350.000 plantas.ha⁻¹ podem ser utilizadas, pois possibilitam além de alto rendimento, altura de planta e de inserção do primeiro legume adequados a colheita mecanizada e plantas que não acamam. Resultados semelhantes são apresentados pela Embrapa (2002a) para áreas mais úmidas e solos de alta fertilidade, onde com freqüência ocorre acamamento de plantas, recomendam que a população de plantas pode ser reduzida para 260.000 a 220.000 plantas.ha⁻¹.

Pires et al. (2000), cita que a cultura da soja apresenta a característica de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento. A forma como tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como a fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas. Ressalta a importância de reconhecer as interações entre estes fatores para saber qual o arranjo deste conjunto de práticas traria respostas mais favoráveis no rendimento da cultura.

Em condições normais, o aumento excessivo da população de plantas deve ser evitado, pois o adensamento pode implicar em maior competição radicular induzindo a redução do diâmetro da haste e à elevação na estatura das plantas, podendo implicar em acamamento. O aumento excessivo da população, além de favorecer o acamamento, pode criar um ambiente favorável para o desenvolvimento de doenças, sem ter contribuições na produção (FUNDAÇÃO CARGILL, 1986).

Para densidades muito baixas, pode ocorrer uma diminuição na estatura e, conseqüentemente, o ponto de inserção das primeiras vagens ficará próximo ao solo, podendo resultar em perdas na colheita. Há ainda o fato de que populações baixas resultam em plantas de porte baixo, que competem menos com plantas invasoras, o que poderá acarretar em perdas de rendimento ou aumento do custo de produção pela maior necessidade de uso de herbicidas. Geralmente se usam populações baixas em condições ótimas de lavoura, como boa disponibilidade de nutrientes e água (EMBRAPA, 2002a).

No entanto, se recomenda adensar a população de plantas em condições desfavoráveis do solo, como déficit hídrico e restrição de nutrientes, e em condições de competição com plantas invasoras, devido ao fechamento antecipado da entrelinha. Desta forma, é preciso identificar um arranjo de plantas que resulte em menor competição intraespecífica que permita um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento e rendimento de grãos (RAMBO et al., 2003).

Doss & Thurlow (1974) constataram que os rendimentos da soja eram mais elevados para populações de 107.600 plantas.ha⁻¹ do que para 215.300 e 322.900 plantas.ha⁻¹ cultivadas sem irrigação e com 20% da capacidade de campo. Porém as populações de plantas não mostraram nenhuma diferença significativa quando cultivadas em um nível de 60% da capacidade de campo do solo.

Tourino et al. (2002), testando espaçamentos, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e nas características da soja, verificou que nas menores densidades as plantas são mais baixas, acamam menos, e apresentam maior porcentagem de sobrevivência. Verificou também que a redução da população de plantas e do espaçamento entre linhas, proporcionou melhor distribuição das plantas na área, permitindo, graças à alterações na sua arquitetura, o aumento do rendimento da soja.

Em experimento com uma cultivar de soja de ciclo semiprecoce, semeada em 15 de novembro, Rambo et al. (2003), testando irrigação, espaçamento entre linhas e população de plantas, verificaram que o menor espaçamento entre linhas testado (20 cm) e a menor população de plantas (20 plantas.m⁻²) amenizou a competição intraespecífica, resultando em maior rendimento de grãos. Observaram também, que o rendimento de grãos foi afetado pela irrigação e pela interação espaçamento e população. O tratamento irrigado (5015 Kg.ha⁻¹) apresentou rendimento de grãos

18% superior ao não irrigado (4253 Kg.ha⁻¹). A maior taxa de enchimento de grãos, explica o maior rendimento obtido no tratamento irrigado.

Rambo et al. (2004), avaliando o potencial de rendimento da soja em três extratos do dossel, em função da modificação do arranjo de plantas, em dois regimes hídricos, verificaram que houve diminuição linear do potencial de rendimento em R5 com o aumento da população de plantas, dentro do espaçamento de 20 cm, obtendo-se a mesma resposta para R8. O arranjo de plantas com 20 cm entre-linhas, independente da população, apresentou, em média maior potencial de rendimento em R5 (14.970 Kg.ha⁻¹) em relação ao arranjo com 40 cm (12.154 Kg.ha⁻¹).

Rambo et al. (2004) acredita que o maior potencial de rendimento obtido com a redução do espaçamento entre linhas dentro de todos os níveis populacionais pode estar associado à menor competição intraespecífica, já que se consegue uma maior equidistância entre as plantas.

Pires et al. (2000), concluíram que a variação na população de plantas e espaçamento, modificam o potencial de rendimento da soja. Observaram também, que nos estádios iniciais de formação das estruturas reprodutivas, R2 e R5, a redução da população de plantas não permitiu compensar o número de legumes por metro quadrado produzidos pela população de 40 plantas.m⁻². Após R5, supõe que deve aumentar a competição entre plantas pelos fatores diretamente relacionados ao rendimento de grãos, reduzindo a capacidade produtiva individual das plantas sob maiores populações, tendendo a se aproximar os rendimentos entre as diferentes populações.

A melhor distribuição do arranjo de plantas na área tem resultado em acréscimo do rendimento de grãos e do potencial de rendimento da cultura (THOMAS et al., 1998; PIRES, et al.; 2000) e estão associados a vários fatores, como o melhor uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo pelo dossel vegetativo, melhor distribuição de raízes, redução da competição intraespecífica, maior habilidade na competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo, e maior e mais rápida interceptação da radiação solar (RAMBO et al., 2004).

Segundo Carlesso (1995), quando as condições do subsolo são propícias para o crescimento radicular, um aumento na densidade radicular em relação à profundidade pode resultar numa maior extração de água. Ressalta que densidades

populacionais maiores extraem mais água das camadas mais profundas e cita estudos em que a população de plantas foi submetida a um déficit semelhante, e verificou-se que a extração foi superior para densidades populacionais maiores, e relacionadas com o maior comprimento de raízes em profundidade. E indica que genótipos de maturação tardia podem produzir raízes mais profundas, nas camadas mais profundas do solo.

Assim, para semeaduras tardias em condições de irrigação, há necessidades de informações mais específicas quanto à população de plantas mais adequada para este sistema de cultivo que se apresenta em ascensão nas lavouras irrigadas por aspersão no Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO 2

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local, clima e classificação do solo

O experimento foi conduzido de janeiro a maio de 2005 na Área Experimental do Colégio Agrícola de Santa Maria da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário de Camobi, no Município de Santa Maria, RS, em altitude de 95m, latitude de 29°42'24"S e longitude de 53°48'42"W.

O clima na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul é classificado como subtropical úmido, classe "Cfa", sem estação seca definida e com verões quentes, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). A precipitação média anual da região varia entre 1322 e 1769 mm. Apesar da precipitação no Estado ser bem distribuída nas quatro estações do ano, a precipitação normal no verão é geralmente insuficiente para atender às necessidades hídricas dos cultivos de verão (BERLATO, 1992). Segundo o mesmo autor, a porcentagem de ocorrência de precipitação menor do que a evapotranspiração potencial nos meses de janeiro e fevereiro, é 55% e 47%, respectivamente. A probabilidade de ocorrência de déficit hídrico em torno de 40 mm é de 25% em janeiro, 15% em fevereiro e 10% em março, em Santa Maria (BURIOL, 1980).

A temperatura média normal do mês mais quente ocorre em janeiro (24,8°C) e a do mês mais frio, em junho (14,1°C). Quanto à média normal das máximas, esta é de 30,4°C em janeiro e de 19,2°C em junho. A média das temperaturas mínimas do mês mais quente é 18,7°C em dezembro e 9,3°C a do mês mais frio, em junho (BRASIL, 1992). A temperatura média normal na safra (semeadura de outubro a dezembro) para Santa Maria, apresenta-se em elevação, em outubro 18,4°C e dezembro 23,6°C, enquanto na safrinha (semeadura de janeiro e fevereiro) o comportamento é inverso, com maior temperatura em janeiro 24,8°C, seguida de fevereiro 22,7°C, e a menor em maio 16,6°C, no final do ciclo da cultura (MORENO, 1961).

O solo da área experimental pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, sendo classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico.

2.2 Caracterização química do solo

A adubação do solo foi feita com base nos resultados da análise química do solo processada pelo Laboratório Central de Análises de Solos do Departamento de Solos da UFSM, vinculado à ROLAS, e a recomendação foi obtida da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004) para a cultura da soja. Como os teores de fósforo e potássio estavam muito altos (Anexo A e Anexo B) não seria necessária a adubação do solo, mesmo assim optou-se por colocar $115\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da fórmula 5-20-20 (NPK) na linha de semeadura, equivalente a $5,75\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, $23\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $23\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K.

2.3 Caracterização física do solo

Para caracterização física do solo no qual o experimento foi conduzido, foram coletadas amostras aleatórias nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, em cinco repetições, as quais foram analisadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFSM. Em cada um dos cinco pontos de amostragem foram coletadas amostras deformadas para determinação da densidade de partícula, e amostras indeformadas para determinação da densidade do solo, microporosidade, porosidade total e curva característica de água no solo.

Para determinação da densidade de partícula foi utilizado o método do balão volumétrico. Para a densidade do solo as amostras foram coletadas em anel de $6\times 3\text{ cm}$ ($84,82\text{ cm}^3$ de volume) e determinadas pelo método do anel volumétrico. Anéis de mesmo volume foram usados para determinação da microporosidade, porosidade total e curva característica de água no solo. As amostras de solo indeformadas foram saturadas, pesadas e colocadas em mesa de tensão à -6 kPa durante 72 horas, para a determinação da microporosidade. Posteriormente as amostras foram secadas em estufa por 24 horas e pesadas, para determinar a umidade. A

porosidade total foi obtida pela umidade de saturação. A macroporosidade foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Para a curva característica de água no solo, as amostras foram saturadas por 48 horas e submetidas aos potenciais de -1 e -6 kPa em mesa de tensão, -33 e -100 kPa em panela de pressão, e -500 e -1500 kPa no medidor de potencial de água WP4. Os resultados das análises físicas do solo são apresentados no Anexo C.

2.4 Semeadura

A semeadura foi realizada no dia 10 de janeiro de 2005 no Sistema Plantio Direto sobre palhada de aveia preta com 6500 Kg de fitomassa seca em cobertura do solo. Foi utilizada a cultivar de soja convencional Coodetec 205 (CD 205) de ciclo tardio, lançada em 1998 pela Ocepar/Coodetec. Baseado no teste de germinação, que teve como resultado uma porcentagem de germinação de 83%, foi colocada a quantidade de sementes necessária para obter a população desejada, acrescidas de 10%. As sementes foram tratadas com o fungicida sistêmico e de contato para tratamento de sementes Vitavax-Thiram[®] 200 SC (Carboxina + Tiram), na dosagem de 3 mL.kg⁻¹ de semente. Também foram tratadas com inseticida sistêmico Cruiser 350 FS (Tiametoxam), na dosagem de 0,5 mL.kg⁻¹ de sementes. Foi feita aplicação do tratamento de sementes Hydro Seed Co+Mo na dosagem de 50 mL.ha⁻¹. A semeadura foi feita com semeadora de parcelas de três linhas. Logo após a semeadura foi aplicado herbicida em pós-plantio pré-emergência Glifosato na dosagem de 1,5 L.ha⁻¹. A emergência das plantas ocorreu aos sete dias após a semeadura, quando, aproximadamente, 50% das plântulas haviam emergido.

2.5 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi um bifatorial, tendo como níveis três manejos da irrigação e duas populações de plantas, totalizando seis tratamentos com quatro repetições, resultando em 24 unidades experimentais. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram distribuídos os três manejos de irrigação: 1) não irrigado; 2) irrigado todo o ciclo; e 3)

irrigado nos períodos críticos. Nas subparcelas foram distribuídas as duas populações de plantas (250.000 e 400.000 plantas.ha⁻¹). As subparcelas foram constituídas de cinco linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,5 m, com área total de 15 m². A área útil constituiu-se das três linhas centrais descontando-se 0,5 m nas extremidades como bordadura, resultando em uma área útil de 7,5 m².

Para efeito da aplicação dos manejos da irrigação na soja, foi considerado como períodos críticos ao estresse hídrico a germinação-emergência e o florescimento-enchimento de grãos (considerado em 28 de fevereiro). Sendo que os estádios de desenvolvimento da soja foram determinados pela escala fenológica de Ritchie et al. (1994), adaptado por Yorinori (1996), (Anexo D).

Para assegurar uma germinação homogênea das sementes e emergência das plântulas, todos os tratamentos foram irrigados logo após a semeadura.

2.6 Manejo da irrigação

As irrigações foram realizadas com aspersores do tipo Naan Setorial 427, com bocais de 6 mm, diâmetro molhado de 12,0 m, vazão de 1,03 m³h⁻¹, operando com pressão de serviço de 3,0 atmosferas. A água para irrigação das plantas era armazenada em reservatórios de água com capacidade de armazenamento de 7000 L cada (Figura 1).



Figura 1. Reservatórios de água para irrigação, capacidade de 7000 L cada, área Experimental do Colégio Agrícola de Santa Maria. 2005, Santa Maria, RS.

O monitoramento das irrigações foi feito através da medida da tensão de água no solo através de tensiômetro com manômetro de Bourdon (Figura 2).

Os tensiômetros foram instalados a 15 e 30 cm de profundidade do solo. As irrigações foram realizadas quando o potencial de água do solo atingia valores iguais ou superiores a -500 mmHg como média das leituras nas duas profundidades. A leitura dos tensiômetros foi feita diariamente pela manhã, sendo que, a cada sete dias os tensiômetros eram preenchidos com água destilada. Foram instalados 14 tensiômetros na área do experimento.



Figura 2. Tensiômetros de Bourdon instalados a 15 e 30 cm no solo do experimento para monitoramento da tensão de água no solo. 2005, Santa Maria, RS.

A lâmina de irrigação a ser aplicada baseou-se nos dados acumulados da evapotranspiração, medida no tanque classe A e nos valores das precipitações pluviais, obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada a 200 m da área experimental. Os dados diários de temperaturas mínimas, máximas e médias do ar, umidade relativa média do ar, insolação, velocidade do vento e precipitação pluvial, também foram obtidos na Estação Meteorológica da UFSM.

2.7 Condução do experimento e tratos culturais

Os tratos culturais foram realizados de forma homogênea para todos os tratamentos, com o objetivo de manter o experimento sem a interferência de plantas daninhas, pragas e doenças. Quando necessária a utilização de defensivos agrícolas, os mesmos foram aplicados com um pulverizador costal manual com capacidade de volume de 20 L de calda.

Para o controle das gramíneas foi aplicado o graminícina pós-emergente, sistêmico e seletivo, Select 240 CE, na dosagem de 400 mL.ha⁻¹. Já o controle das demais plantas invasoras foi feito manualmente, ambos aos 18 dias após a semeadura. Posteriormente, sempre que necessário o controle de plantas daninhas foi feito manualmente.

Os produtos utilizados para o controle de pragas foram: o inseticida e formicida de contato e ingestão do grupo químico pirazol Klap (Fipronil) na dosagem de 20 mL.ha⁻¹, o inseticida e acaricida sistêmico de contato e ingestão do grupo químico organofosforado Tamaron[®] BR (Metamidofós) na dosagem de 750 mL.ha⁻¹ e o inseticida e acaricida do grupo químico ciclodienoclorado Tiodan CE (Endosulfan) na dosagem de 1,25 L.ha⁻¹. Para o controle de doenças foi utilizado o fungicida sistêmico dos grupos químicos Estrubirulina e Triazol, Opera[®] (piraclostrobina+epoxiconazol) na dosagem de 500 mL.ha⁻¹, com o qual foram feitas quatro aplicações durante o ciclo da soja.

2.9 Rendimento de grãos

A colheita das plantas foi realizada em 21 de maio de 2005, aos 125 dias após a emergência, quando as plantas atingiram o ponto de maturação de colheita. Nesta ocasião, foram amostrados 0,50 m linear de área útil de cada subparcela para determinações em laboratório como os componentes do rendimento, características fisiológicas e características morfológicas das plantas. O restante da área útil de cada subparcela, foi colhido e usado para a determinação do rendimento de grãos por hectare.

Para a determinação do rendimento de grãos as plantas foram arrancadas manualmente, inclusive com raízes, e deixadas amarradas em feixes e mantidas

suspensas ao teto de um galpão ventilado para facilitar a secagem, já que, no momento da colheita, a umidade das plantas não permitia a trilhagem. Uma semana depois as plantas foram trilhadas com trilhadeira estacionária acionada pela tomada de potência de um trator.

Em seguida os grãos foram embalados em sacos de papel, e armazenados por uma semana em ambiente abrigado (sala das estufas de secagem do departamento de fitotecnia). Posteriormente foi feita a limpeza dos grãos, primeiramente com o auxílio de peneira e ventilador, e depois catação manual das impurezas restantes. Os grãos foram novamente levados para a sala de secagem onde permaneceram por mais uma semana, quando então foram feitas as pesagens e determinações de umidade dos grãos. Para o cálculo do rendimento, o peso de grãos dos 6,75 m² foi transformado para Kg.ha⁻¹ e a umidade dos grãos corrigida para 13% de umidade.

2.10 Componentes do rendimento

Para a determinação dos componentes do rendimento, foi utilizado o 0,50 m linear de área útil, amostrado por ocasião da colheita, do qual foram avaliados:

- **Número de legumes por planta:** foi realizada a contagem do número de plantas no 0,50 m amostrado e o somatório do número de legumes destas plantas. Posteriormente, foi dividido o número de legumes pelo número de plantas.
- **Número de grãos por legume:** foram contados todos os legumes com um ou mais grãos cheios, posteriormente foram secados e debulhados, e o número de grãos por planta foi dividido pelo número de legumes por planta para obtenção do número de grãos legume⁻¹.
- **Peso médio de grãos:** foi determinado pela média das pesagens de 10 repetições de 100 sementes secas em estufa, divididas por 100, e o valor obtido foi corrigido para umidade de 13%.

2.11 Características fisiológicas relacionadas ao rendimento de grãos

2.11.1 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R2 e R6

Aos 60 e 106 dias após a emergência, plantas em R2 (floração plena) e R6 (legumes com granação de 100% e folhas verdes), respectivamente, foi coletado 0,50 m linear de plantas da primeira linha útil de cada subparcela. Nestes dois períodos foram avaliados massa seca de folhas, massa seca de legumes, hastes e ramos, massa seca total da parte aérea e índice de área foliar.

Para as avaliações de massa seca em R2 e R6, o material foi embalado e posto para secar em estufa a 60°C pelo período de uma semana, quando então foi pesado. A massa seca da parte aérea foi obtida da soma da massa seca de folhas e massa seca de legumes, hastes e ramos.

Para determinação do índice de área foliar, primeiramente foi determinada a área foliar fotossinteticamente ativa pelo método da pesagem dos discos das folhas, para o qual foram coletados 25 folíolos por amostra, sendo oito folíolos do terço superior, nove folíolos do terço médio e oito folíolos do terço inferior, destes foram coletados 50 discos com vazador de 16 mm de diâmetro. Os discos amostrados foram postos para secagem por 48 horas, após foram retirados da estufa e pesados. As folhas também foram embaladas, secadas em estufa e pesadas. Foi feito o cálculo para determinar a área foliar dos 50 discos, através da fórmula da área do círculo. Tendo o peso dos discos e das folhas e a área foliar dos discos, por regra de três simples foi determinada a área foliar da amostra. O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela razão entre a área foliar fotossinteticamente ativa das folhas (m^2) e a área superficial de solo ocupada pela planta (sendo que os folíolos senescidos foram desconsiderados da área foliar total).

2.11.2 Massa seca da parte aérea e seus componentes, rendimento biológico aparente e índice de colheita

Para a determinação da massa seca da parte aérea, do rendimento biológico aparente e do índice de colheita, foi utilizado o 0,50 m linear de área útil, amostrado por ocasião da colheita, do qual foram avaliados:

- **Massa seca da parte aérea:** foi determinada através da soma da massa seca de haste mais a massa seca dos ramos, somada à massa seca dos legumes, e transformada para 1 m².
- **Massa seca de haste e ramos:** foi determinada através da pesagem da haste principal juntamente com os ramos de cada 0,50 m amostrado, e transformada para 1 m².
- **Massa seca de legumes:** foi determinada através da pesagem dos legumes de cada 0,50 m amostrado, e transformado para 1 m².
- **Rendimento biológico aparente:** foi obtido pela soma do peso seco de ramos, peso da haste e peso dos legumes com grãos.
- **Índice de colheita:** foi obtido pela divisão do peso de grãos da amostra pelo rendimento biológico aparente da amostra.

2.12 Características morfológicas

As características morfológicas das plantas foram determinadas na amostra de 0,50 m linear de área útil, amostrado por ocasião da colheita, e utilizada para a determinação dos componentes do rendimento e das características fisiológicas. As características morfológicas avaliadas foram:

- **Estatura de plantas (cm):** foi determinada medindo-se a distância desde o colo até o último nó da planta. Esta medida foi feita sobre uma tábua graduada distendendo a planta sobre ela.
- **Altura de inserção do primeiro legume (cm):** foi determinada medindo-se a distância vertical desde o colo da planta até o ponto de inserção do primeiro legume.
- **Número de ramos por planta:** foi contado o número de ramos e plantas, posteriormente, dividido o número de ramos pelo número de plantas do 0,50 m.
- **Número de nós da haste:** foi feita a contagem do número de nós da haste de todas as plantas do 0,50 m amostrado, e dividido pelo número de plantas do 0,50 m linear amostrado. A contagem foi feita a partir do 1º nó cotiledonar até o último nó maduro da planta.
- **Número de nós dos ramos:** foi feita a contagem dos nós dos ramos de todas as plantas e dividido pelo número de plantas do 0,50 m.

- **Número de nós por metro quadrado:** foi somado o número de nós da haste mais o número de nós dos ramos de cada planta, multiplicados pelo número de plantas do 0,50 m amostrado e transformados para 1 m².
- **Número de legumes por metro quadrado:** foi obtido através da conversão do número de legumes por 0,50 m lineares com espaçamento de 0,50 m, o que corresponde a 0,25 m² para 1 m².

2.13 Análise estatística

Na análise estatística do experimento foi utilizado o Programa Estatístico “SOC/NTIA/Embrapa” (STORCK et al., 2002), determinando-se a análise da variância e teste de hipóteses para verificar a significância da interação e dos efeitos principais (STORCK et al., 2004). Os tratamentos foram comparados por meio dos testes F e Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para a variável peso médio de grãos a análise foi programada para dados de amostragem na subparcela com 10 repetições.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento de grãos

Houve interação significativa entre o manejo da irrigação e a população de plantas para o rendimento de grãos da cultivar CD 205 (Tabela 1), mostrando resposta diferenciada para cada população de plantas sob os diferentes manejos de irrigação.

O maior rendimento de grãos foi obtido na população de 400.000 plantas.ha⁻¹ irrigadas todo o ciclo, resultando em 3.397,2 Kg.ha⁻¹, o correspondente à 56 sacas de soja por hectare. O rendimento de grãos das plantas na população de 400.000 plantas.ha⁻¹ irrigadas todo o ciclo foi superior e diferiu estatisticamente das plantas irrigadas somente nos períodos críticos e das não irrigadas, o rendimento destas últimas, por sua vez, não diferiu entre si.

Tabela 1 – Rendimento (Kg.ha⁻¹) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	População de plantas		Média
	250.000	400.000	
Não irrigado	2.371,9 b B*	2.882,3 b A	2.627,1
Todo ciclo	3.216,9 a A	3.397,2 a A	3.307,1
Períodos críticos	2.869,0 a A	2.758,2 b A	2.813,6
Média	2.819,3	3.012,6	2.916,0

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal (cv= 6,76%) e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical (cv= 5,77%).

O que pode ter levado a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ irrigadas somente nos períodos críticos a ter um menor rendimento de grãos que as plantas na mesma

população irrigadas todo ciclo é o fato de que a lâmina total de água aplicada durante os períodos críticos, não tenha sido suficiente para garantir uma tão boa armazenagem de água no solo e conseqüente disponibilidade de água às plantas, quanto o manejo com irrigação durante todo o ciclo da cultura. A diferença entre a lâmina de água aplicada todo o ciclo ou nos períodos críticos pode ser visualizada nas Figuras 3 e 4, que apresentam o balanço hídrico dos manejos da irrigação dos tratamentos irrigado todo o ciclo e irrigado nos períodos críticos.

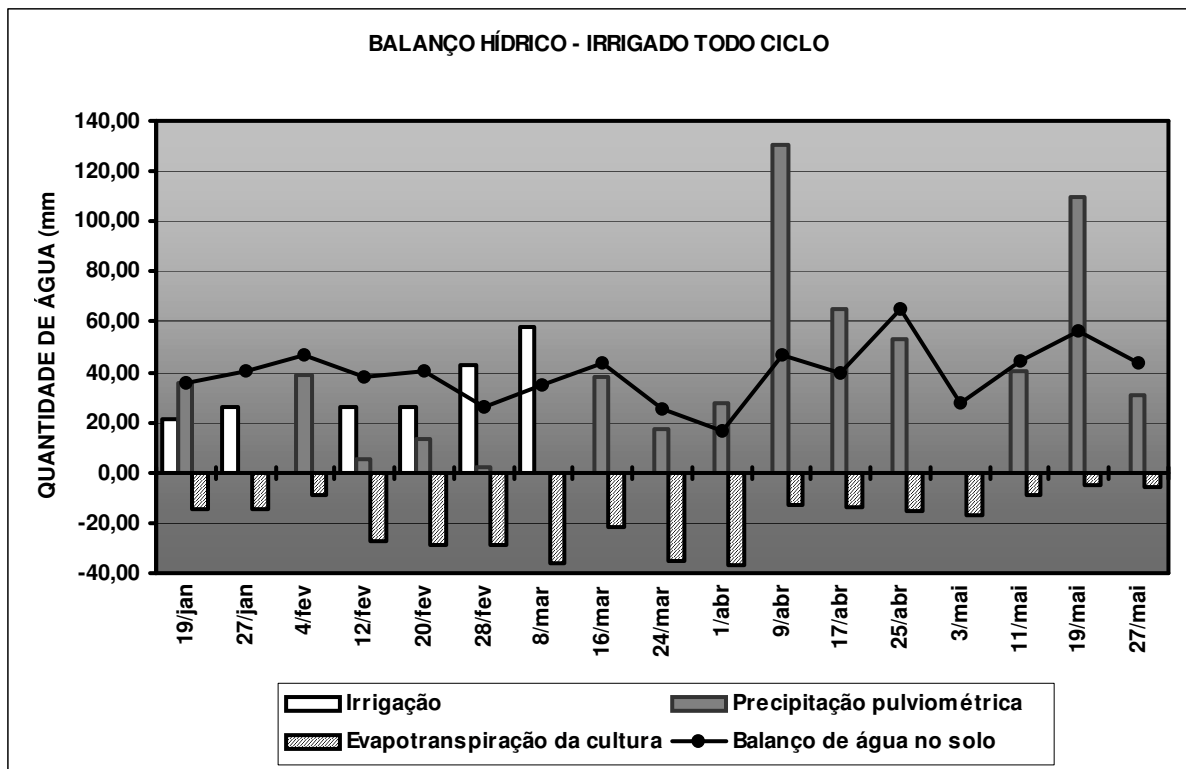


Figura 3. Balanço hídrico do manejo irrigado todo ciclo. 2005, Santa Maria, RS.

O rendimento de grãos na população de 400.000 plantas.ha⁻¹ irrigadas todo o ciclo, quando comparado com o tratamento que teve o menor rendimento de grãos (sem irrigação e 250.000 plantas.ha⁻¹), mostrou um acréscimo de 43,2% (17 sacas) devido à interação da irrigação durante todo o ciclo e o aumento na população de plantas.

As plantas irrigadas todo ciclo com 400.000 plantas.ha⁻¹, tiveram um rendimento 16,5% superior à média geral do experimento e, quando comparadas com o tratamento sem irrigação na mesma população de plantas, tiveram uma

produção 18% maior, ou seja, um acréscimo em torno de oito sacas devido a irrigação durante todo ciclo da soja. Resultado semelhante foi apresentado por Rambo et al. (2003) em experimento testando irrigação e população de plantas, onde verificaram um acréscimo de 18% no rendimento de grãos devido a irrigação, no caso, um aumento em torno de 12 sacas.

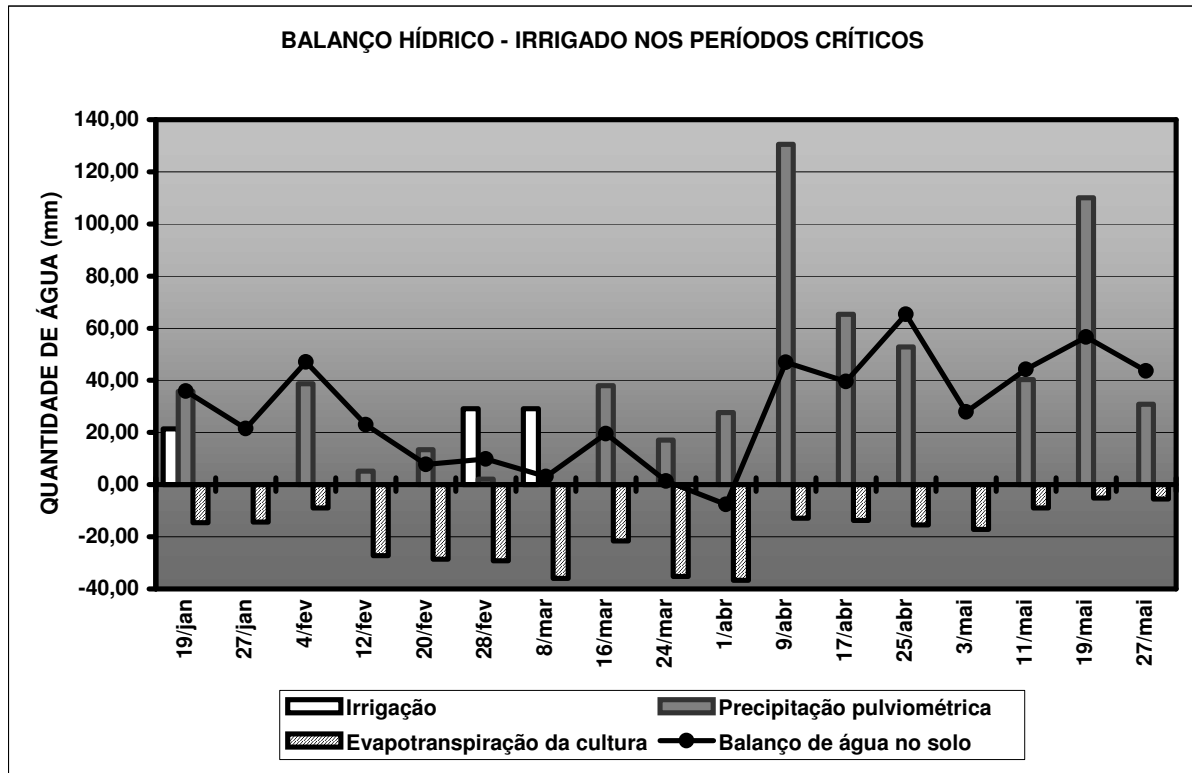


Figura 4. Balanço hídrico do manejo irrigado nos períodos críticos. 2005, Santa Maria, RS.

Na população de 250.000 plantas.ha⁻¹, o maior rendimento de grãos foi obtido com irrigação durante todo ciclo (3.216,9 Kg.ha⁻¹), no entanto, verificou-se um comportamento diferente ao ocorrido na maior população (400.000 plantas por ha⁻¹) quanto a irrigação somente nos períodos críticos. Com 250.000 plantas.ha⁻¹ não houve diferença significativa entre irrigação todo o ciclo da cultura e somente nos períodos críticos. Apenas as plantas não irrigadas foram inferiores estatisticamente, com um decréscimo de rendimento de 26% comparativamente aquelas irrigadas todo ciclo. Esta diferença de rendimento para as plantas não irrigadas deve-se ao

déficit hídrico ocorrido durante o ciclo da cultura que pode ser observado no balanço hídrico do manejo sem irrigação (Figura 5).

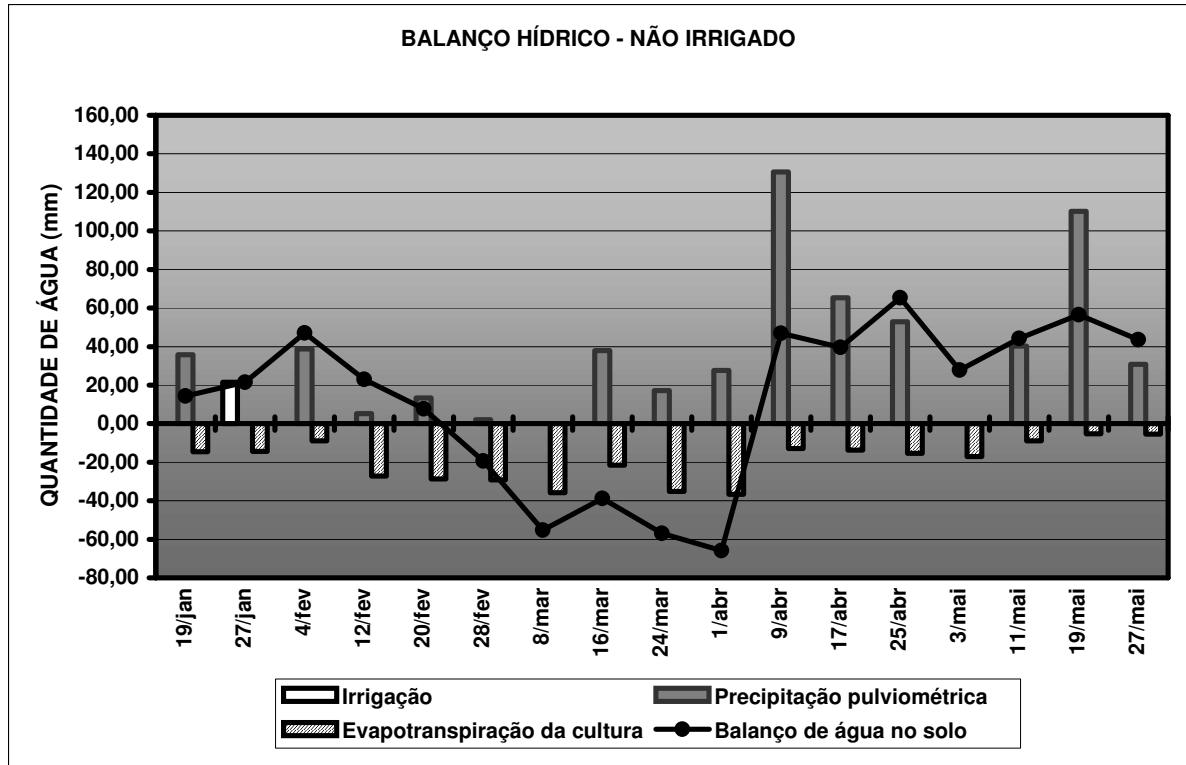


Figura 5. Balanço hídrico do manejo sem irrigação. 2005, Santa Maria, RS.

O fato de não haver diferença estatística entre o rendimento das plantas irrigadas todo o ciclo e das plantas irrigadas apenas nos períodos críticos, para a população de 250.000 plantas.ha⁻¹, pode ser explicado pelo número de plantas por hectare, que obrigatoriamente consomem menos água, quando comparadas à população de 400.000 plantas.ha⁻¹. Supõem-se então que a lâmina total aplicada nos períodos críticos tenha sido suficiente para garantir um bom rendimento de grãos, e que, para as plantas irrigadas todo o ciclo, a aplicação de água no período vegetativo, para a soja cultivada em safrinha numa população baixa, não tenha efeito significativo sobre o rendimento de grãos.

A maior demanda hídrica para a maior população de plantas durante o ciclo da cultura pode ser evidenciada pela maior área foliar observada nesta, conforme apresentado a seguir (Tabelas 4 e 8).

Para o rendimento de grãos das plantas irrigadas todo o ciclo e nos períodos críticos não houve diferença estatística entre as duas populações de plantas. Já para as plantas não irrigadas, o rendimento foi estatisticamente superior na população de 400.000 plantas.ha⁻¹. No cultivo não irrigado teve-se um acréscimo no rendimento de grãos de 21% com o aumento da população de plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Nejad et al. (2004) ao testarem manejo da irrigação, cultivares e população de plantas. Para cultivares tardias, não irrigadas, estes autores verificaram que a população mais adequada foi a de 400.000 plantas.ha⁻¹.

Segundo Carlesso (1995) um aumento na densidade radicular em relação à profundidade pode resultar em uma maior extração de água. Densidades populacionais mais altas extraem mais água do perfil em profundidade. Isto pode explicar a diferença de rendimento entre as plantas não irrigadas nas populações de 250.000 e 400.000 plantas.ha⁻¹, o aumento de oito sacas com o aumento da população de plantas pode ser devido a maior densidade de raízes que extraem água em maior profundidade no perfil do solo. Nas plantas mais adensadas há maior competição, o que leva as raízes a se aprofundarem e espalharem mais no perfil do solo a procura de água, resultando em um maior rendimento pela maior extração de água e pelo maior número de plantas.

3.2 Componentes do rendimento

3.2.1 Número de legumes por planta

Para o número de legumes por planta houve interação significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas (Tabela 2). O fator que mais influenciou o número de legumes por planta foi a população de plantas. Segundo Heiffig (2002), o número de legumes por planta é o componente do rendimento de grãos que mais sofre influência da população de plantas, e varia inversamente com a variação da população (PEIXOTO et al., 2000).

O número de legumes por planta na população de 250.000 plantas.ha⁻¹ foi estatisticamente superior em todos os manejos da irrigação em comparação com a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ e não apresentou diferenças significativas entre

os manejos da irrigação. Na população mais alta o maior número de legumes por planta foi obtido com irrigação em todo o ciclo que não diferiu do irrigado somente nos períodos críticos. O número de legumes das plantas irrigadas apenas nos períodos críticos, não diferiu do número de legumes das plantas não irrigadas.

O menor número de legumes na maior população sem irrigação deve-se provavelmente ao aborto de flores e legumes jovens em função da restrição hídrica ocorrida. A redução do número de legumes na menor população foi pouco pronunciada devido a menor competição entre plantas.

Tabela 2 – Número de legumes por planta produzidos pela cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	População de plantas		Média
	250.000	400.000	
Não irrigado	56,97 a A*	26,63 b B	41,80
Todo ciclo	57,44 a A	36,57 a B	47,00
Períodos críticos	60,89 a A	30,50 ab B	45,70
Média	58,43	31,23	44,83

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal (cv= 7,37%) e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical (cv= 7,43%).

3.2.2 Número de grãos por legume

Como pode ser observado na Tabela 3, para número de grãos por legume não houve diferença significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas mostrando forte regulação genética deste parâmetro. Segundo Heiffig (2002) o número de grãos por legume é uma característica tipicamente genética e que não sofre influência de tratamentos. Este autor, testando populações de plantas, não encontrou diferenças significativas para número de grãos por legume.

3.2.3 Peso médio de grãos

Para o peso médio de grãos houve diferença significativa entre os manejos da irrigação (Tabela 3), sendo que o maior valor foi observado nas plantas não irrigadas. O peso médio de grãos das plantas irrigadas durante todo o ciclo e apenas nos períodos críticos não diferiu entre si. A população que apresentou o maior peso médio de grãos foi a de 400.000 plantas.ha⁻¹.

Tabela 3 – Número de grãos por legume e peso médio de grãos da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Número de grãos por legume			Peso médio de grãos (g)		
	250.000	400.000	Média	250.000	400.000	Média
Não irrigado	2,37	2,36	2,36 a*	0,150	0,158	0,154 a
Todo ciclo	2,39	2,26	2,32 a	0,143	0,148	0,146 b
Períodos críticos	2,40	2,37	2,38 a	0,144	0,143	0,143 b
Média	2,39 a	2,33 a	2,36	0,146 b	0,150 a	0,148
cv (%)	Irrigação			8,98		
	População			7,92		

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O fato do peso médio de grãos ser maior nos tratamentos não irrigado pode ser atribuído a uma certa tolerância de alguns genótipos ao déficit hídrico. Nestes tratamentos a restrição hídrica causou maior abortamento de flores e legumes (Tabela 2), fazendo com que aqueles legumes que permaneceram na planta acumulassem mais massa seca em seus grãos do que, comparativamente, com plantas com maior número de legumes e grãos, onde é maior a demanda por fotoassimilados. Casagrande et al. (2001) explicam este comportamento como sendo um mecanismo de tolerância à falta de água, objetivando direcionar o fluxo de

compostos para os legumes que se apresentam mais adiantados no processo de desenvolvimento e que, em teoria, teriam maiores chances de produzir sementes viáveis.

3.3 Características fisiológicas relacionadas ao rendimento de grãos

3.3.1 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R2

O estágio R2 se caracteriza pela floração plena e pela maioria dos racemos com flores abertas (Anexo D). Sua análise mostrou que não houve interação significativa entre os manejos de irrigação e as populações de plantas para os parâmetros massa seca de folhas, massa seca de legumes, haste e ramos, massa seca da parte aérea e índice de área foliar. No entanto, houve diferença significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas para estes parâmetros.

No estágio R2, não houve diferença estatística significativa entre as plantas irrigadas todo o ciclo e as plantas irrigadas nos períodos críticos para todos os parâmetros apresentados (Tabela 4). Pode-se verificar também que as plantas que não receberam irrigação tiveram uma substancial e significativa redução da matéria seca das diferentes partes da planta e do índice de área foliar, chegando a massa seca da parte aérea à uma redução de 30% em relação as plantas irrigadas todo o ciclo e de 35% para aquelas irrigadas nos períodos críticos. Isto indica que houve restrição hídrica no regime natural de chuvas, e que este afetou o crescimento das plantas. Esta restrição foi superada pelo uso de irrigação, mesmo quando aplicada apenas nos períodos críticos, com reflexos no rendimento de grãos.

Como pode ser observado na Tabela 4, os maiores índices de área foliar foram encontrados nas plantas irrigadas todo o ciclo e nos períodos críticos. Nas plantas não irrigadas o índice de área foliar decresceu 25% em relação às plantas irrigadas todo o ciclo.

Em R2 houve diferença estatística entre as duas populações de plantas estudadas para as variáveis apresentadas na Tabela 5. A maior população de plantas (400.000 plantas.ha⁻¹) apresentou a maior massa seca da parte aérea, bem como de seus componentes, e maior índice de área foliar com relação a menor

população de plantas. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Heiffig (2002), que verificou que o índice de área foliar aumentava com o aumento na população de plantas.

Tabela 4 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}) e índice de área foliar, no estágio R2 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Massa seca de folhas	Massa seca de legumes, haste e ramos	Massa seca da parte aérea	Índice de área foliar
Não irrigado	177,37 b*	347,06 b	524,43 b	5,66 b
Todo ciclo	252,16 a	498,05 a	750,22 a	7,58 a
Períodos críticos	258,14 a	543,74 a	801,88 a	6,76 a
Média	229,22	462,95	692,17	6,66
cv (%)	13,54	10,53	10,72	8,72

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A avaliação do índice de área foliar no estágio R2 constitui-se um indicativo da taxa fotossintética do dossel e da interceptação da radiação solar e o aproveitamento dessa para a obtenção de um maior rendimento de grãos (RODRIGUES et al., 2002b). Segundo os mesmos autores, um maior rendimento de grãos ocorre com índice de área foliar entre 3,5 e 4,0, já em R1 (início da floração). Assim, pode-se afirmar que os tratamentos testados deveriam estar plenamente nesta situação, pois em R2 o índice de área foliar foi 6,16 para a população de 250.000 plantas. ha^{-1} e de 7,17 para a população de 400.000 plantas. ha^{-1} (Tabela 5). No entanto, tais índices parecem ter sido favoráveis ao rendimento, pois, como visto, na maior população o rendimento médio teve valor superior ao rendimento da menor população.

Tabela 5 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m⁻²) e índice de área foliar no estágio R2 da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

População de plantas	Massa seca de folhas	Massa seca de legumes, haste e ramos	Massa seca da parte aérea	Índice de área foliar
250.000	206,51 b*	429,02 b	635,53 b	6,16 b
400.000	251,93 a	496,88 a	748,82 a	7,17 a
Média	229,22	462,95	692,17	6,66
cv (%)	10,74	8,79	9,65	13,59

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.3.2 Massa seca da parte aérea e seus componentes, e índice de área foliar em R6

Aos 106 dias após a emergência, quando as plantas estavam em R6 (legumes 100% cheios), houve interação significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas apenas para o índice de área foliar (Tabela 8). A massa seca da parte aérea e seus componentes diferiram entre si em função dos manejos de irrigação em R6 (Tabela 6). Tanto para massa seca da parte aérea quanto para a massa seca de seus componentes, a irrigação durante todo o ciclo garantiu valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos, seguido pelo manejo com irrigação nos períodos críticos para todas as variáveis.

A restrição hídrica ocorrida nos tratamentos sem irrigação e em menor grau naqueles que receberam irrigação somente nos períodos críticos afetou o crescimento das plantas, evidenciado principalmente pela massa seca dos legumes, haste e ramos, e também pela massa seca da parte aérea.

Estes resultados mostram que a deficiência hídrica ocorrida nos tratamentos sem irrigação, e em menor grau, nos tratamentos com irrigação nos períodos críticos, afetou o processo de incremento de massa seca pelas plantas e conseqüentemente ao rendimento de grãos.

Para os parâmetros massa seca de legume, haste e ramos e massa seca da parte aérea, as plantas não irrigadas foram inferiores às plantas irrigadas nos períodos críticos, enquanto a massa seca de folhas não mostrou diferença entre as plantas irrigadas nos períodos críticos ou não irrigadas.

Tabela 6 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}), no estádio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Massa seca de folhas	Massa seca de legumes, haste e ramos	Massa seca da parte aérea
Não irrigado	131,79 b*	820,12 c	951,92 c
Todo ciclo	182,69 a	1.099,06 a	1.281,74 a
Períodos críticos	128,12 b	953,74 b	1.081,86 b
Média	147,54	957,64	1105,17
cv (%)	7,09	6,42	7,08

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As populações de plantas afetaram significativamente apenas a massa seca das folhas, com maior massa obtida na população de 400.000 plantas. ha^{-1} (Tabela 7). A massa seca de legume, haste e ramos e massa seca da parte aérea, não apresentaram resposta significativa às populações de plantas em R6.

Os maiores índices de área foliar encontrados em R6 (Tabela 8) foram nas plantas irrigadas todo o ciclo em ambas as populações. Houve diferença significativa entre os manejos da irrigação apenas na população de 250.000 plantas. ha^{-1} . O manejo da irrigação só diferiu significativamente entre as populações para as plantas sem irrigação e foi maior para a maior população.

Comparando a Tabela 4 com a Tabela 8, é possível verificar que o índice de área foliar decresce de R2 para R6. O menor índice de área foliar em R6 é devido ao fato de que neste estádio os grãos já estão cheios, e parte das folhas já passaram

pelo processo de abscisão devido à translocação de fotoassimilados desta para os legumes.

Tabela 7 – Massa seca da parte aérea e seus componentes (g.m^{-2}), no estágio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.

População de plantas	Massa seca de folhas	Massa seca de legumes, haste e ramos	Massa seca da parte aérea
250.000	133,92 b	884,43 a	1.018,35 a
400.000	161,15 a	1.030,85 a	1.192,00 a
Média	147,54	957,64	1.105,17
cv (%)	12,16	18,30	17,50

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 8 – Índice de área foliar no estágio R6 da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	População de plantas		Média
	250.000	400.000	
Não irrigado	3,10 b B*	4,98 a A	4,04
Todo ciclo	5,76 a A	5,16 a A	5,46
Períodos críticos	3,77 b A	4,36 a A	4,07
Média	4,21	4,83	4,52

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal (cv= 12,04%) e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical (cv= 18,28%).

A participação da massa seca de folha na massa seca total da parte aérea é cerca de 1/3 em R2 e reduz para menos de 1/7 em R6. Houve um decréscimo de R2 para R6, tanto da participação da massa seca das folhas na massa seca total, quanto no valor da massa, o que mostra ter havido senescência de folhas e esta foi mais intensa no manejo com irrigação apenas nos períodos críticos em que a massa seca das folhas reduziu pela metade, de R2 para R6.

Ao contrário da massa seca das folhas, a massa seca total teve um incremento de R2 para R6 atribuído, principalmente a massa de legumes, haste e ramos, comportamento característico da cultura neste estágio, marcado pelo incremento de massa nos legumes.

3.3.3 Massa seca da parte aérea e seus componentes, rendimento biológico aparente e índice de colheita.

Para a massa seca da parte aérea avaliada na maturação de colheita (Tabela 9), houve interação significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas. A maior população de plantas quando irrigada durante todo o ciclo apresentou a maior massa seca da parte aérea, diferindo dos demais manejos.

A massa seca das plantas irrigadas nos períodos críticos e das plantas não irrigadas não diferiram entre si na população de 400.000 plantas.ha⁻¹. Este comportamento da massa seca da parte aérea foi semelhante à tendência encontrada para o rendimento de grãos nos mesmos tratamentos. Fica evidente nesta população, o efeito negativo da restrição hídrica no crescimento das plantas, que pode ser observado na massa seca da parte aérea. Já, na população de 250.000 plantas.ha⁻¹, a massa seca da parte aérea não diferiu estatisticamente entre os manejos irrigação.

Nas plantas não irrigadas e irrigadas somente nos períodos críticos, a massa seca da parte aérea não apresentou diferenças estatísticas entre as duas populações de plantas avaliadas. No entanto, quando irrigadas todo ciclo, a população maior apresentou maior massa seca da parte aérea, o que é devido ao maior número de plantas por área, implicando em maior acúmulo de massa seca na parte aérea, já que, não houve restrição hídrica.

Tabela 9 – Massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	População de plantas		Média
	250.000	400.000	
Não irrigado	997,62 a A*	921,09 b A	959,36
Todo ciclo	1.078,72 a B	1.299,87 a A	1.122,48
Períodos críticos	1.173,24 a A	1.063,23 b A	1.190,00
Média	1.083,19	1.094,73	1.088,96

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal ($\text{cv}= 7,69\%$) e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical ($\text{cv}= 9,65\%$).

A massa seca da haste e ramos (Tabela 10) apresentou um comportamento semelhante ao da massa seca da parte aérea. Houve interação significativa entre os manejos de irrigação e as populações de plantas.

Na maior população de plantas, foi encontrada a maior massa seca de haste e ramos nas plantas irrigadas todo ciclo, estas diferiram dos demais manejos da irrigação.

Estes resultados mostram a tendência de maior acúmulo de massa seca nas plantas que estão em condições ambientais favoráveis, sem a interferência de fatores limitantes. Enquanto as plantas irrigadas todo ciclo tiveram condições ideais para acumularem reservas, as plantas não irrigadas e irrigadas somente nos períodos críticos tiveram um estresse hídrico que não permitiu que o potencial genético de rendimento da cultivar fosse expressado na maior população de plantas. Já, na população de $250.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$, não houve diferença significativa entre os manejo da irrigação.

A massa seca dos legumes com grãos no momento da colheita (Tabela 10) foi maior para as plantas irrigadas todo o ciclo não diferindo das plantas irrigadas nos períodos críticos. Estas, por sua vez, não diferiram da massa seca de legumes

com grãos encontradas nas plantas não irrigadas, no entanto tiveram um decréscimo de 17% em relação às plantas irrigadas todo o ciclo. Estes resultados são semelhantes aos encontrados para o rendimento de grãos em relação aos manejos da irrigação.

Tabela 10 – Componentes da massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha^{-1}), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Massa seca da haste e ramos			Massa seca de legumes com grãos		
	250.000	400.000	Média	250.000	400.000	Média
Não irrigado	356,00aA*	376,23 bA	366,12	641,62	544,86	593,24 b
Todo ciclo	430,76 aB	521,43 aA	476,10	647,96	778,44	713,20 a
Períodos críticos	429,01 aA	404,70 bA	416,86	744,23	658,53	701,38 ab
Média	405,26	434,12	419,69	677,94 A	660,61 A	669,28
cv (%) Irrigação			17,54			9,76
cv (%) População			7,60			8,68

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical.

A avaliação do rendimento biológico aparente mostra a eficiência na assimilação de CO_2 que está diretamente ligada com a obtenção de altos rendimentos.

Para este parâmetro houve interação significativa entre os manejos da irrigação e as populações de plantas (Tabela 11). O maior rendimento biológico aparente foi obtido na população de 400.000 plantas.ha^{-1} irrigadas todo ciclo, que diferiu estatisticamente dos outros manejos da irrigação na mesma população de plantas. O rendimento biológico aparente das plantas irrigadas nos períodos críticos e das plantas não irrigadas não diferiram entre si. Na população de 250.000 plantas.ha^{-1} não houve diferença significativa entre os manejos de irrigação.

As plantas irrigadas nos períodos críticos e as plantas não irrigadas, não diferiram quanto ao rendimento biológico aparente, no entanto quando irrigadas todo o ciclo, a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ foi superior, ou seja, teve maior eficiência na assimilação de CO₂.

Tabela 11 – Rendimento biológico aparente (g.½m⁻¹) e índice de colheita da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Rendimento biológico aparente			Índice de colheita		
	250.000	400.000	Média	250.000	400.000	Média
Não irrigado	249,40 aA*	230,27 bA	239,84	0,49	0,45	0,468 ab
Todo ciclo	269,69 aB	324,97 aA	297,32	0,47	0,46	0,518 a
Períodos críticos	293,31 aA	265,81 bA	279,56	0,48	0,41	0,440 b
Média	270,80	273,68	272,24	0,480 A	0,436 B	0,475
cv (%) Irrigação			9,65			7,38
cv (%) População			7,69			7,38

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical.

Enquanto o rendimento biológico aparente dá a medida da eficiência de assimilação de CO₂, o índice de colheita dá a medida da eficiência da planta na translocação dos produtos resultantes da fixação de CO₂. Neste caso, a maior eficiência na translocação dos fotoassimilados é obtida com irrigação todo ciclo da cultura (índice de colheita de 0,51). O índice de colheita das plantas irrigadas todo o ciclo não diferiu do índice de colheita das plantas não irrigadas. Estas por sua vez, não diferiram das plantas irrigadas nos períodos críticos.

O maior índice de colheita foi encontrado na menor população de plantas, indicando que estas foram mais eficientes em translocar fotoassimilados acumulados do que a maior população.

3.4 Características morfológicas

As plantas de soja com maior estatura foram obtidas com irrigação apenas nos períodos críticos, não diferindo estatisticamente da estatura das plantas irrigadas todo o ciclo (Tabela 12). No entanto, a estatura das plantas não irrigadas não diferiu da estatura das plantas irrigadas todo o ciclo. Resultados encontrados por Petry (2000) e Thomas & Costa (1994) mostram a redução da estatura das plantas com o aumento do estresse hídrico, e isto devido a diminuição do número de nós e comprimento de entrenós.

Tabela 12 – Estatura de plantas, altura de inserção do 1º legume e número de ramos por planta da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Estatura de plantas (cm)	Altura de inserção do 1º legume (cm)	Número de ramos por planta
Não irrigado	103,66 b*	26,14 a	1,49 b
Todo ciclo	109,03 ab	24,48 a	2,48 a
Períodos críticos	112,60 a	22,94 a	1,24 b
Média	108,43	24,52	1,74
cv (%)	4,70	13,43	10,71

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A estatura de plantas não diferiu com a variação da população de plantas (Tabela 13). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Petry (2000), que não encontrou diferença na estatura de plantas com diferentes populações. Porém, para Peixoto et al. (2001), a estatura de plantas aumenta com a população de plantas. É comum encontrar autores que verificam o aumento da estatura de plantas com o aumento da população de plantas, no entanto, nestes casos, o número de nós da haste não varia com a variação na população de plantas. Neste experimento,

ocorreu um aumento no número de nós da haste na população de 250.000 plantas.ha⁻¹ (Tabela 15) fazendo que compensasse o baixo alongamento dos entrenós na população mais baixa.

A altura de inserção do 1º legume não diferiu com os manejos da irrigação, apresentando um valor médio de 24,36 cm (Tabela 12). No entanto, houve diferença entre as duas populações (Tabela 13). A população mais alta apresentou maior altura de inserção do 1º legume, com 27,40 cm, enquanto na população de 250.000 plantas.ha⁻¹, a altura de inserção do 1º legume foi 21% menor. Edwards et al. (2005) e Edwards & Purcell (2005) também encontraram aumento da altura de inserção do primeiro legume com o aumento da população de plantas. Nenhuma das alturas de inserção do 1º legume encontradas em 250.000 plantas.ha⁻¹ ou 400.000 plantas.ha⁻¹, são limitantes para a colheita mecânica, o que faz com que a menor altura seja mais adequada pois pode representar maior número de nós férteis ao longo da haste (Tabela 15).

Tabela 13 – Estatura de plantas, altura de inserção do 1º legume e número de ramos por planta da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

População de plantas	Estatura de plantas (cm)	Altura de inserção do 1º legume (cm)	Número de ramos por planta
250.000	108,41 a*	21,64 b	2,64 a
400.000	108,45 a	27,40 a	0,83 b
Média	108,43	24,52	1,74
cv (%)	5,11	8,80	24,20

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de ramos por planta mostrou diferença quanto aos manejos de irrigação e as populações de plantas. O número de ramos por planta foi maior para as plantas irrigadas todo ciclo (Tabela 12) e na população de 250.000 plantas.ha⁻¹ (Tabela 13). As plantas irrigadas apenas nos períodos críticos, tiveram o menor

número de ramos por planta, com média de 1,24 ramos.plantas⁻¹. Nos resultados apresentados por Heiffig (2002) pode-se verificar que houve uma diminuição no número de ramos por planta com o aumento da população de plantas. Isso demonstra que a disponibilidade de água é determinante para a ramificação, bem como mostra a plasticidade da cultura, que em menores densidades ramifica mais.

Não houve diferença significativa entre os manejos da irrigação para o número de nós da haste (Tabela 14). Petry (2000) justifica que o número de nós da haste é um fator predominantemente genético, independente da ocorrência de déficit hídrico. No entanto, o número de nós da haste diferiu com a variação na população de plantas (Tabela 15). A menor população apresentou maior número médio de nós na haste (16,22), ao passo que a população maior apresentou uma média de 14,91 nós na haste.

Tabela 14 – Número de nós da cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação, 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	Número de nós da haste	Número de nós dos ramos	Número de nós por planta
Não irrigado	16,01 a*	9,38 ab	25,39 a
Todo ciclo	15,58 a	10,97 a	25,97 a
Períodos críticos	15,68 a	5,90 b	21,58 b
Média	15,76	9,24	24,74
cv (%)	3,84	18,20	9,38

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de nós dos ramos foi superior quando as plantas eram irrigadas todo o ciclo, não diferindo das plantas não irrigadas (Tabela 14). O tratamento sem irrigação não diferiu do irrigado nos períodos críticos.

Na população de 400.000 plantas.ha⁻¹ o número de nós dos ramos foi 76% inferior a população de 250.000 plantas.ha⁻¹ (Tabela 15). O número de nós dos ramos sofre influência do número de ramos por planta, que foi maior na menor população (Tabela 13).

bTabela 15 – Número de nós da cultivar de soja CD 205, em resposta a populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

População de plantas	Número de nós da haste	Número de nós dos ramos	Número de nós por planta
250.000	16,60 a*	14,90 a	30,00 a
400.000	14,91 b	3,57 b	18,49 b
Média	15,76	9,24	24,74
cv (%)	5,43	34,52	12,34

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de nós por planta não diferiu para as plantas irrigadas todo o ciclo e as plantas não irrigadas (Tabela 14). No entanto, para as plantas irrigadas nos períodos críticos, o número de nós foi inferior estatisticamente.

Considerando-se que o número de nós por planta é resultado da soma do número de nós da haste e do número de nós dos ramos, e que o número de nós da haste contribui com cerca de 62% do número total de nós da planta, pode-se verificar a forte influência deste para que não houvesse diferença entre o número de nós por planta nos tratamentos irrigados todo ciclo e não irrigados.

Quanto a influência da população de plantas no número de nós por planta, a população de 250.000 plantas.ha⁻¹ teve um número de nós 62% maior que a maior população. Neste caso, a maior influência também foi do número de nós da haste, que contribuiu com cerca de 64% do número de nós das plantas.

Para o número de legumes por metro quadrado houve interação significativa entre os manejos de irrigação e as populações de plantas (Tabela 16). O tratamento que apresentou o maior número de legumes por metro quadrado foi o irrigado todo ciclo na população de 400.000 plantas.ha⁻¹, apresentando um número de legumes por metro quadrado 23% superior à média geral do experimento, e diferindo estatisticamente dos outros manejos da irrigação na população de 400.000 plantas.ha⁻¹. Nesta população o menor número de legumes por metro quadrado foi encontrado nas plantas não irrigadas, sendo que este foi 38% inferior ao número de

legumes por metro quadrado das plantas irrigadas todo ciclo. Já para a população de plantas de 250.000 plantas.ha⁻¹, não houve diferença entre os manejos de irrigação.

Tabela 16 – Número de legumes por m² produzidos pela cultivar de soja CD 205, em resposta a manejos de irrigação e populações de plantas (plantas.ha⁻¹), 2005. Santa Maria, RS.

Irrigação	População de plantas		Média
	250.000	400.000	
Não irrigado	1.304,00 a A*	1.078,00 c B	1.191,00
Todo ciclo	1.408,00 a B	1.740,00 a A	1.574,00
Períodos críticos	1.574,00 a A	1.374,00 b B	1.474,00
Média	1.428,67	1.397,33	1.413,00

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, maiúsculas comparam as populações de plantas na horizontal (cv= 6,40%) e minúsculas comparam os manejos de irrigação na vertical (cv= 6,02%).

Para as plantas irrigadas todo o ciclo, o maior número de legumes por metro quadrado foi encontrado na população de 400.000 plantas.ha⁻¹. Para as plantas irrigadas nos períodos críticos ou não irrigadas, o maior número de legumes por metro quadrado foi encontrado na menor população. Estes resultados estão diretamente relacionados à influência do déficit hídrico na formação e fixação de estruturas reprodutivas. Nota-se que na população de 400.000 plantas.ha⁻¹ o número de legumes só foi superior quando irrigado todo o ciclo, ou seja, com uma maior quantidade de plantas consumindo água do perfil do solo, só se conseguiu um alto número de legumes quando não houve restrição hídrica. Já, em uma condição hídrica menos favorecida (não irrigado e irrigado somente nos períodos críticos) o número de legumes por metro quadrado foi mais alto na menor população, a qual apresentava condições para uma menor competição entre as plantas.

CONCLUSÕES

Há diferença de resposta das populações de plantas ao manejo da irrigação. Em função disto há necessidade de adequar o manejo da irrigação às diferentes populações de plantas, e combiná-los para garantir alto rendimento de grãos na soja semeada em safrinha.

O aumento da população de plantas aumenta o rendimento de grãos para plantas irrigadas todo ciclo e para plantas não irrigadas. Para as plantas irrigadas nos períodos críticos, o rendimento de grãos não difere entre as populações testadas.

O número de legumes por planta foi maior para a população de 250.000 plantas.ha⁻¹, sendo que o menor número de legumes por planta foi obtido sem irrigação, na maior população de plantas.

O número de grãos por legume não foi influenciado pelos manejos da irrigação nem pelas populações de plantas.

O peso médio de grãos foi maior para a maior população e para as plantas não irrigadas.

O aumento da população de plantas pode ser uma alternativa para reduzir as perdas de rendimento por estresse hídrico da soja semeada após a época recomendada.

REFERÊNCIAS

ANDRADE F.H. et al. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, v.94, n.5, p.975-980, 2002.

ASHLEY, D.A; ETHRIDGE, W.J. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. **Agronomy Journal**, v.70, n.1, p.467-471, 1978.

BARNI, N.A; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, n.2, p.189-203, 2000.

BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. 125p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade Interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p. 119-125, 1999.

BERLATO, M.A. Bioclimatologia da soja. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. **A soja no Brasil**. São Paulo: ITAL, 1981. 1062p.

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. cap.1, p.11-24.

BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque classe A e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p.243-259, 1986.

BLACKBURN, P. Safra brasileira de soja 2005/06 deve atingir 59,2 milhões de toneladas. In: **Yahoo Notícias**. Brasil: Yahoo! Internet do Brasil LTDA, 2005. Disponível em: <<http://br.news.yahoo.com/060105/5/10q8u.html>>. Acesso em: 8 mar. 2006.

BOERMA, H.R. & ASHLEY, D.A. Irrigation, row spacing, and genotype effects on late and ultra-late planted soybeans. **Agronomy Journal**, v.74, n.6, p.995-999, nov./dez. 1982.

BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; IGNACZAK J.C. Análise conjunta dos ensaios de cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul. II. Ensaio realizados em três épocas de semeadura 1992/1993. In: XXI Reunião de pesquisa da soja da Região Sul. **Soja: Resultados de Pesquisa 1992/1993**. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa do Trigo, 1993. p.72-88.

BONATO, E.R. **Estresses em soja**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. 254p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Oitavo Distrito de Meteorologia - 8° DISME. **Normais climatológicas obtidas com dados do período de 1961-1990**. Brasília: 8° DISME, 1992, p.84.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. **Ferrugem Asiática: uma ameaça a sojicultura brasileira**. Dourados: Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. Novembro 2002. 11p. (Circular Técnica; 11).

BROWN, E.A.; CAVINES, C.E.; BROWN, D.A. Responses of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. **Agronomy Journal**, v.77, n.2, p.274-278, 1985.

BURIOL, G.A. **Balanço hídrico seriado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, n.2, mar. 1977. 216p.

BURIOL, G.A. **Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no Estado do Rio Grande do Sul**. Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, v.10, mar. 1980. 141p.

CARDOSO, C.D.V. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da Região Central do Rio Grande do Sul**. 2005. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CARLESSO, R. **A água no solo**: parâmetros para dimensionar um sistema de irrigação. Santa Maria: UFSM/Departamento de Engenharia Rural, 2000. 88p. (Apostila Didática).

CASAGRANDE, E.C. et al. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.168-184. 2001.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. 1997. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Aguatab/Demetrios%20Christofidis/P2TBO1.htm>. Acesso em: 4 jan. 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/Embrapa-CNPT, 2004. 400p.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica & J.A. Costa, 1996. 233p.

CUNHA, G.R. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. cap.6, p.85-97.

CUNHA, G.R. et al. Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul. Deficiência hídrica. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Boletim de Pesquisa; 1).

CUNHA, G.R. et al. Mapeamento de riscos de deficiência hídrica para soja no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online; 8). Disponível em:<http://www.cntp.embrapa.br/biblio/p_bp_08_1_.htm>. Acesso em: 18 fev. 2006.

DOMINGUEZ , C.; HUME, D.J. Flowering, abortion and yield of early maturing soybean at three densities. **Agronomy Journal**, v.70, n.5, p.801-805, 1978.

DOSS, B.D. & THURLOW, D.L. Irrigation, row width, and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. **Agronomy Journal**, v.66, n.5, p.620-623, 1974.

DOSS, G.S.; PEARSON, R.W.; ROGERS, H.T. Effect of soil water stress at various growth stages on soybeans yield. **Agronomy Journal**, v.66, n.2, p.297-299, mar./apr. 1974.

EDUARD, J.T.; PURCELL, L.C. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups: I. Agronomic characteristics. **Crop Science Society of America**, v.45, 2005. Disponível em: <http://www://infotrac.galegroup.com/itw/infomark/218/135/80210231w4/purl=rc20_itof_o_Crop+Science_20>. Acesso em: 7 jan. 2006.

EDUARD, J.T. et al. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups: II. Light interception and utilization. **Crop Science Society of America**, v.45, n.5, p.1778-1785, aug. 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Instalação da lavoura. In: **Tecnologias de produção de soja**: Paraná - 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.111-120. (Sistemas de Produção; 2).

EMBRAPA. Exigências hídricas. In: **Tecnologias de produção de soja**: Paraná - 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002a. p.28-30. (Sistemas de Produção; 2).

EMBRAPA SOJA. **Sistema de alerta Embrapa Soja**. 2005. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_as=80&cultura=1>. Acesso em: 7 jan. 2006.

ENDRES, V.C. Espaçamento, densidade e época de semeadura: população de plantas. In: **Recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, n.3, set. 1996. 157p. (Circular Técnica; 3).

FERREIRA, E.J. **Análise técnica e econômica do projeto de irrigação do Jaíba, MG**. 1993. 159f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FOROUD, N. et al. Effect of level and timing of moisture stress on soybean plant development and yield components. **Irrigation Science**, v.13, n.4, p.149-155. 1993.

FUNDAÇÃO CARGILL. **A soja no Brasil Central**. Campinas: Fundação Cargill, 1977. 274p.

FUNDAÇÃO CARGILL. **A soja no Brasil Central**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 444p.

GANDOLFI, V.H.; MULLER, L. Fotoperiodismo. In: In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. **A soja no Brasil**. 1.ed. São Paulo: ITAL, 1981. cap.2.2, p.129-143.

GAUDÊNCIO, C.A.A. et al. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 1990. p.1-4. (Comunicado Técnico; 47).

HANSEN, W.R.; SHIBLES, R. Seasonal log of the flowering and podding activity of field-grown soybeans. **Agronomy Journal**, v.70, n.1, p.47-50, 1978.

HAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. O movimento de água e solutos nas plantas. In: HAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. cap.31, p.720-739.

HEIFFIG, L.S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*, (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. 2002. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HITCHIE, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. Special Report, 53, mar. 1994. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/soybean/bean_develop>. Acesso em 4 jan. 2004.

HOWELL, R.W. Physiology of the soybean. In: Norman, A.C. **The soybean**. New York: Academic Press, 1963. p.75-115.

IBGE. Safra deve ser 12,20% maior em 2006. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Brasília: Comunicação Social, 08 out. 2005. Disponível

em:<http://ibge.gov.br/home/presidência/noticias_visualiza.php?id_noticia=472&id_página=1>. Acesso em: 08 fev. 2006.

KORTE, L.L. et al. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny i: agronomic responses. **Crop Science**, v.23, n.3, p.521-527, 1983.

MAEHLER, A.R. et al. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.225-231, fev. 2003a.

MAEHLER, A.R. et al. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.213-218, mar./abr. 2003b.

MARTINS, M.C. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.765-768, out./dez. 1999.

MEDEIROS, S.S. et al. Avaliação do manejo de irrigação no perímetro irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.7, n.1, mar./abr. 2003. p.80-84.

MELO, G.L. **Caracterização de sistemas de cultivo em áreas irrigadas por aspersão no Rio Grande do Sul**. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MICHELON, C.J. **Qualidade física de solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central**. 2005. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. **A soja no Brasil**. 1.ed. São Paulo: ITAL, 1981. cap.4, p.109-174.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46p.

MOTA, F.S. et al. Risco de seca para a cultura da soja em diferentes regiões climáticas e umidades de solo do Estado do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, n.394, p.11-30, 1991.

MOTA, F.S. et al. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroclimatologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.

MOTTA, I.S. et al. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agronômicas. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1275-1280, 2002.

NEHMI, I.M.D. et al. Soja: mercado e perspectivas. In: **Agrianual 2005**: anuário da agricultura brasileira. 10.ed. São Paulo: FNP, 2004. p.455-490.

NEJAD, G.H.K. et al. Irrigation regimes and plant population density effects on seed yield, protein and oil content of tree soybean cultivars. **Turkish Journal of Field Crops**, v.9, n.2, 2004. Disponível em: <<http://bornova.ege.edu.tr/~fcrops/dergi.doc>>. Acesso em: 13 fev. 2006.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PEIXOTO, C.P. et al. épocas de semeadura e densidades de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientis Agrícola**, v.57, n.1, p.89-96, 2000.

PEIXOTO, C.P. et al. Características agronômicas e rendimento de soja em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas. **Magistra**, Cruz das Almas, v.13, n.2, jul./dez., 2001. Disponível em: <http://www.magistra.ufba.br/publica/magist13_2/01_13_2_06c.html>. Acesso em: 12 fev. 2006.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 1997. 183p.

PETRY, M.T. **Interação solo-planta e disponibilidade de água no solo às plantas de sorgo e soja**. 2000. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

PIRES, J.L.F. et al. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p. 1541-1547, ago, 2000.

QUEIROZ, E.F. et al. Um modelo matemático de quantificação do efeito da disponibilidade hídrica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.10, p.683-690, out. 1996.

QUEIROZ, E.F. et al. Efeito de época de plantio sobre o rendimento da soja, na Região Norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.9, p.1461-1474, set. 1998.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.405-411. 2003.

RAMBO, L. et al. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40. 2004.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 32., 2004, Passo Fundo. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2004/2005**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 172p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 33., 2005, Passo Fundo. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2005/2006**. Passo Fundo: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2005. 157p.

RODRIGUES, A.L. **Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) utilizando o sistema de aspersão em linha**. 1990. 68f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.

RODRIGUES, M. **Manejo da irrigação da soja a partir da evapotranspiração máxima da cultura**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. 2001.

RODRIGUES, O. et al. **Rendimento de grãos de soja em resposta à época de semeadura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Comunicado Técnico; 5). Disponível em: <http://www.cntp.embrapa.br/biblio/p_co65.htm>. Acesso em: 09 fev. 2006.

RODRIGUES, O. et al. **Redução do espaçamento em semeadura tardia de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002a. (Documentos Online; 12). Disponível em:<http://www.cntp.embrapa.br/biblio/p_do12_22.htm>. Acesso em: 13 fev. 2006.

RODRIGUES, O. et al. **Sistema tardio de semeadura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002b. (Circular Técnica Online; 11). Disponível em:<http://www.cntp.embrapa.br/biblio/p_ci11_1.htm>. Acesso em: 13 fev. 2006.

ROSA, G.M. **Análise econômica da implantação de irrigação na produção de grãos na região do Planalto do Rio Grande do Sul**. 2000. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

SALINAS, A.R. et al. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica en el suelo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.31, n.5, p. 331-338, mai. 1996.

SEDYAMA, G.C; RIBEIRO, A.; LEAL, B.G. Relação clima-água-planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. 1998, Lavras. **Manejo da irrigação**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.47-53.

SILVA, M. S. **Avaliação do efeito da irrigação e da adubação de manutenção na soja em solo de fertilidade corrigida**. 1984. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1984.

SINCLAIR, T.R. Limits to crop yield? In: BOOTE, K.J. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, 1994. p.509-532.

STORCK, L. et al. **Procedimentos de análise e interpretação de experimentos usando o pacote estatístico NTIA/Embrapa**. Santa Maria: UFSM/CCR/Depto. de Fitotecnia, 2002. 144p.

STORCK, L.; LOPES, S.J.; LÚCIO, A.D.C. **Experimentação II**. 3.ed. Santa Maria: UFSM/CCR/Departamento de Fitotecnia, 2004. 205p.

SWEENEY, D.W; GRANADE, G.V. Effect of a single irrigation at different reproductive growth stages on soybean planted in early and late June. **Irrigation Science**, v.21, n.2, p.69-73, feb. 2002.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, v.28, n.4, p.543-546, out./dez. 1998.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1389-1396, 1994.

TOURINO, M.C.C; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

ANEXOS

ANEXO A - Análise química simplificada, do solo da área experimental

MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

Laudo de Análise de Solo

Nome: SETOR DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
Endereço: -
Fone: -
Fax: -
Solicitante: REJANE

Município: SANTA MARIA
Localidade: -
Data entrada: 10/09/04
Data Emissão: 10/09/04
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H ₂ O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	4603	3	27	6,2	6,3	69,5	200,0	2,5	0,0	11,0	3,8
2	4604	3	27	5,8	6,0	69,5	200,0	2,6	0,0	9,4	2,4
3	4605	3	27	5,8	6,0	69,5	200,0	2,9	0,0	9,9	2,8

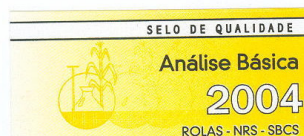
Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	4603	2,7	15,3	18,0	0	85	-x-	-x-	-x-	-x-
2	4604	3,6	12,3	15,9	0	78	-x-	-x-	-x-	-x-
3	4605	3,6	13,2	16,8	0	79	-x-	-x-	-x-	-x-

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca+Mg
1	1 - AREA EXPERIMENTAL 1	-x-	-x-	-x-	-x-	2,9	21,5	7,4	0,133
2	2 - AREA EXPERIMENTAL 3	-x-	-x-	-x-	-x-	3,9	18,3	4,7	0,149
3	3 - AREA EXPERIMENTAL 5	-x-	-x-	-x-	-x-	3,5	19,3	5,5	0,144



Responsável Técnico

PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE
SEM FINANCIAMENTO BANCÁRIO
Prof. Dr. Leandro Souza da Silva
CREA: 83495

ANEXO B - Análise química completa, do solo da área experimental

MEC - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

Laboratório Central de Análises de Solo

Fones: (055) 220 - 8153 e 220 - 8108 Fax: 220 - 8695

Internet: <http://www.ufsm.br/ccr/solos/>

Vinculado à Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS e SC - ROLAS

Laudo de Análise de Solo

Nome: SETOR DE IRRIG. E DRENAGEM
Endereço: -
Fone: -
Fax: -
Solicitante: REJANE

Município: SANTA MARIA
Localidade: CAMPUS UFSM
Data entrada: 21/09/04
Data Emissão: 21/09/04
Nº Recibo: 000000000

Nº	Registro	Textura	% argila m/V	pH - H ₂ O 1:1	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	% M. O. m/V	Al cmol/L	Ca cmol/L	Mg cmol/L
1	15452	3	29	5,9	6,2	69,5	200,0	3,5	0,0	10,5	2,9
2	15453	4	24	6,0	6,1	69,5	200,0	3,7	0,0	10,1	2,5

Nº	Registro	H+AL cmol/L	CTC cmol/L		Saturação %		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	15452	3,0	13,9	16,9	0	82	9,0	2,2	13,2	1,6
2	15453	3,3	13,1	16,4	0	80	13,0	2,6	17,7	1,7

Obs: mg/L = ppm, cmol/L = meq/100g
CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo
CTC pH 7,0 - quantidade de carga estimada a pH 7,0

Nº	Identificação da Amostra	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações			
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/√Ca+Mg
1	1 - AREA EXPERIMENTAL 2	-x-	-x-	-x-	-x-	3,6	20,5	5,7	0,140
2	2 - AREA EXPERIMENTAL 4	-x-	-x-	-x-	-x-	4,0	19,7	4,9	0,144



Responsável Técnico

PESQUISA

ESTE LAUDO NÃO VALE

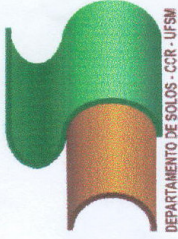
P/ FINANCIAMENTO BANCÁRIO

Prof. Dr. Leandro Souza da Silva
CREA: 83495

ANEXO C - Análise física do solo



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE SOLOS
LABORATÓRIO DE FÍSICA DO SOLO
LAUDO DE ANÁLISES FÍSICAS



SOLICITANTE: OSVALDO KONIG

DATA: 22/09/2005

IDENTIFICAÇÃO PROF.	ANEL	Densidades, g cm ⁻³		Porosidades, %			SATUR.	Umidade Volumétrica, cm ³ cm ⁻³					
		SOLO	PARTIC.	MACRO	MICRO	TOTAL		1 (-kPa)	6 (-kPa)	33 (-kPa)	100 (-kPa)	500 (-kPa)	1500 (-kPa)
0 - 15 (cm)	1	1,61	2,57	8,42	33,48	41,89	0,419	0,378	0,335	0,315	0,293	0,216	0,194
	3	1,41	2,57	17,78	31,32	49,10	0,491	0,399	0,313	0,285	0,267	0,190	0,170
	5	1,43	2,57	15,28	32,94	48,23	0,482	0,424	0,329	0,292	0,281	0,193	0,173
	7	1,52	2,57	10,56	33,62	44,18	0,442	0,403	0,336	0,300	0,281	0,204	0,183
	9	1,55	2,57	9,82	36,55	46,37	0,464	0,405	0,365	0,343	0,327	0,209	0,187
	média	1,50	2,57	12,37	33,58	45,95	0,460	0,402	0,336	0,307	0,290	0,202	0,181
15 - 30 (cm)	2	1,47	2,52	9,10	38,39	47,50	0,475	0,422	0,384	0,323	0,307	0,216	0,200
	4	1,47	2,52	12,48	35,12	47,60	0,476	0,414	0,351	0,293	0,278	0,216	0,201
	6	1,37	2,52	9,83	38,80	48,63	0,486	0,432	0,388	0,321	0,302	0,202	0,187
	8	1,53	2,52	6,86	39,55	46,42	0,464	0,419	0,396	0,350	0,334	0,225	0,209
	10	1,36	2,52	11,58	38,47	50,06	0,501	0,436	0,385	0,320	0,303	0,201	0,186
	média	1,44	2,52	9,97	38,07	48,04	0,480	0,425	0,381	0,321	0,305	0,212	0,197

Metodologia: densidade do solo - cilindro; densidade de partícula - balão volumétrico; porosidades: macro - cálculo, micro - mesa de tensão, total - umidade de saturação; curva de retenção de água: 1 e 6 kPa - mesa de tensão, 33 e 100 kPa - panela de pressão, 500 e 1500 kPa - medidor de potencial de água-WP4.

Valores para densidade do solo das amostras 11 = 1,36
12 = 1,28

Deolfeira

ANEXO D – Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja.

I Fase Vegetativa

- VC Da emergência a cotilédones abertos.
 - V1 Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas.
 - V2 Segundo nó; primeiro trifólio aberto.
 - V3 Terceiro nó, segundo trifólio aberto.
 - Vn Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.
-

II Fase Reprodutiva (observação na haste principal)

- R1 Início da floração até 50% das plantas com uma flor.
 - R2 Floração plena. Maioria dos racemos com flores abertas.
 - R3 Final da floração. Vagens com até 1,5 cm de comprimento.
 - R4 Maioria das vagens no terço superior com 2-4 cm, sem grãos perceptíveis.
 - R5.1 Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação.
 - R5.2 Maioria das vagens com granação de 10 a 25%.
 - R5.3 Maioria das vagens entre 25 e 50% de granação.
 - R5.4 Maioria das vagens entre 50 e 75% de granação.
 - R5.5 Maioria das vagens entre 75 e 100% de granação.
 - R6 Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
 - R7.1 Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
 - R7.2 Entre 51 e 75% de folhas e vagens amarelas.
 - R7.3 Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
 - R8.1 Início a 50% de desfolha.
 - R8.2 Mais de 50% de desfolha pré-colheita.
 - R9 Ponto de maturação de colheita.
-

Fonte: Hitchie, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. Special Report, 53, mar. 1994. (Adaptado por J. T. Yorinori (1996)).