

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO AO PREPARO DO SOLO,  
MANEJO DE ÁGUA E PARCELAMENTO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**ROGÉRIO PERES SORATTO**  
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Orivaldo Arf  
Orientador

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues  
Co-Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Área de concentração em Sistemas de Produção.

Ilha Solteira  
São Paulo - Brasil  
Fevereiro de 2002

## **DEDICO**

*Aos meus pais ALCIDES e ANITA, exemplos de honestidade e dignidade, pelo sacrifício, amor e dedicação durante toda a minha vida. Que cada uma das minhas conquistas seja a realização de seus próprios sonhos.*

*À minha irmã FERNANDA pela amizade e carinho.*

*À minha namorada CLÁUDIA ANTONIA, pelo carinho, apoio e compreensão, nos momentos difíceis e felizes desses últimos anos.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e pelas oportunidades.

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, pela paciente e dedicada orientação, incentivo e especialmente pela amizade.

Ao co-orientador Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, pelos esclarecimentos e ensinamentos tão importantes na realização deste trabalho, e principalmente pela amizade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido através de bolsa de estudo e subvenção do trabalho de pesquisa.

Aos Professores Drs. Evaristo Bianchini Sobrinho e Pedro César dos Santos, pelo auxílio nas análises estatísticas do presente trabalho.

Ao amigo e quase irmão Tiago Roque Benetoli da Silva, pela boa convivência desde os tempos da graduação e por toda ajuda e amizade.

Ao Sr. Valdivino dos Santos, demais técnicos e funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa.

Aos colegas do curso de pós-graduação Márcio C. Dourado, Ricardo A. Petinari, Flávia C. Silva, Simone A. de Oliveira e, aos companheiros de república Roberto A. R. de Souza, Antonio Carlos Pantano e Rodrigo M. de Castro, pela boa convivência.

Aos docentes do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	VII
RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1. INTRODUÇÃO .....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Sistemas de preparo do solo .....	7
2.2. Manejo de água.....	12
2.3. Adubação nitrogenada .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Localização do trabalho de pesquisa e características do local.....	19
3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados .....	20
3.3. Condução do experimento .....	22
3.4. Avaliações realizadas .....	26
3.5. Análise estatística .....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1. Distribuição das lâminas de água .....	31
4.2. Características físicas do solo.....	32
4.3. Características agronômicas da cultura do feijão .....	38
5. CONCLUSÕES .....	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1	Características químicas do solo avaliadas de 0-0,20 m de profundidade. .... 22
2	Capacidade de retenção de água no solo da área experimental. Teor de água expresso em base gravimétrica (%). ..... 24
3	Valores de Kc (coeficiente da cultura) utilizados nos diferentes tratamentos envolvendo o manejo de água. .... 26
4	Esquema de análise da variância para as características físicas do solo. .... 30
5	Esquema de análise da variância para as características da cultura do feijão..... 30
6	Quadrados médios referentes à macro, micro, porosidade total e densidade do solo sob diferentes sistemas de preparo, avaliado em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000. .... 33
7	Valores médios de macro, micro e porosidade total e densidade do solo sob diferentes sistemas de preparo, em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000..... 34
8	Desdobramento da interação significativa entre sistemas de preparo do solo e profundidade, referente à densidade do solo ( $\text{kg m}^{-3}$ ). ..... 36
9	Quadrados médios referentes à resistência do solo sob diferentes sistemas de preparo, avaliado em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000. .... 36
10	Valores médios de resistência do solo à penetração, sob diferentes sistemas de preparo, em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000..... 37
11	Quadrados médios referentes à massa da matéria seca e teor de N da parte aérea do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000..... 39
12	Valores médios de massa da matéria seca e teor de N da parte aérea do feijoeiro em função do preparo do solo, lâminas de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000. .... 41

13	Quadrados médios referentes ao número de vagens e grãos por planta e grãos por vagem do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000. ....	43
14	Valores médios de número de vagens e grãos por planta e grãos por vagem de feijão em função de preparos do solo, lâmina de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000. ....	44
15	Quadrados médios referentes à massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de N nos grãos de feijoeiro. Selvíria (MS), 2000. ....	47
16	Valores médios de massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de N nos grãos de feijão em função de preparos do solo, lâmina de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000. ....	48
17	Desdobramento da interação entre sistemas de preparo do solo e parcelamentos da aplicação do nitrogênio, referente à massa de 100 grãos de feijoeiro. Selvíria (MS), 2000. ....	49
18	Desdobramento da interação entre sistemas de preparo do solo e parcelamentos da aplicação do nitrogênio, referente ao teor de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nos grãos de feijão. Selvíria (MS), 2000. ....	52

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Croqui do experimento no campo e esquema de montagem do sistema de irrigação.....	21
2	Lâminas de água aplicadas e precipitação pluvial ocorrida nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000. ....	32

## **RESUMO**

O manejo adequado de práticas como a adubação nitrogenada, fornecimento de água através da irrigação e fatores que proporcionam um melhor desenvolvimento do sistema radicular, como o preparo do solo, são importantes para aumentar a eficiência do feijoeiro na utilização dos recursos disponíveis, possibilitando aumentar a produtividade. Com o objetivo de estudar o comportamento do feijoeiro cultivar IAC Carioca Eté, em função do preparo do solo, manejo de água e parcelamentos da adubação nitrogenada, no período "de inverno", foi conduzido um trabalho de pesquisa na área experimental da Faculdade de Engenharia-UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com as subparcelas dispostas em faixas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três modalidades de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto). As lâminas de água aplicadas por aspersão foram determinadas pela utilização de diferentes coeficientes de



cultura (L1, L2 e L3) e constituíram as subparcelas e os parcelamentos da aplicação do nitrogênio (0-75, 25-50, 50-25 e 75-0 kg.ha<sup>-1</sup> na semeadura e em cobertura aos 22 DAE, respectivamente), as subsubparcelas. Durante o desenvolvimento do trabalho foram realizadas as seguintes avaliações: número de dias para o florescimento pleno, características físicas do solo, matéria seca de plantas, teor de N total na parte aérea das plantas, número de vagens/planta, número de grãos/planta, número médio de grãos/vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de N nos grãos. Os resultados obtidos permitiram concluir que o preparo do solo com grade pesada proporcionou maior produtividade do feijoeiro comparado com plantio direto e não difere do preparo com escarificador. O feijoeiro não apresentou redução na produtividade com utilização de um Kc (coeficiente de cultura) 25% menor que o recomendado, para reposição de água na cultura. A aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade do feijoeiro irrigado.

**Termos de indexação:** *Phaseolus vulgaris* L., grade, escarificador, plantio direto, níveis de irrigação, nitrogênio.

## **SUMMARY**

The appropriate management aiming higher yields of crops as nitrogen fertilization, water supply through of the irrigation and factors which provide a better growth of the root system, as the soil tillage, are very important to improve the efficiency by common bean crop and increase its yield. This research aimed to evaluate the IAC Carioca Eté cultivar as a function of soil management systems and water management, and nitrogen split application, in winter season, at Experimental Station of UNESP - Ilha Solteira Campus, located in Selviria-MS. A randomized complete block design, in split-split plot scheme, with subplots in strips, with four replications was used. The plots were constituted by three soil management systems: harrow disk + leveling disk, chisel plough + leveling disk, and no-tillage system. The water levels, applied through a sprinkler system (L1, L2, and L3) constituted the subplots and four nitrogen rates in split application: 0-75, 25-50, 50-25 and 75-0 kg ha<sup>-1</sup> applied at sowing time and side dressing at 22 days after plant emergency, respectively, constituted the subsubplots. Number of

days up to full flowering, soil physical characteristics, dry matter of plant, shoot nitrogen content, number of pod/plant, number of grain/plant, number of grain/pod, weight of 100 grains, grain yield, and grain nitrogen content were evaluated. The soil management with harrow disk + leveling disk provided the higher grain yield related to no-tillage system, but it did not differ from chisel plough + leveling disk treatment. The bean crop don't showed reduction yield, even using a crop coefficient 25% lower than recommended to water replace in this crop. The total nitrogen applied in side dressing provided the highest grain yield.

**Index terms:** *Phaseolus vulgaris* L., harrow, chisel plough, no-tillage, irrigation levels, nitrogen.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui-se numa das principais explorações agrícolas, não só pela área cultivada e pelo valor da produção, mas, fundamentalmente, por ser um dos principais componentes da alimentação básica da população brasileira, como importante fonte de proteínas e calorias. Na safra 1998/99, a produção nacional de feijão alcançou 2,9 milhões de toneladas, ocupando uma área de aproximadamente 4,6 milhões de hectares (NEHMI et al., 2001), com rendimento médio de 630 kg ha<sup>-1</sup>, considerado baixo, uma vez que a cultura tem potencial para produtividade superior a 3.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Por não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo, o feijoeiro pode ser cultivado em qualquer época do ano desde que não ocorram limitações de temperatura e água (MAEDA & MENDONÇA, 1990). A semeadura realizada de maio a julho, denominada "de inverno", na maioria das regiões exige fornecimento de água através de irrigação, obtendo-se nessa época melhor qualidade e sanidade do produto. Além disso, a

produtividade é bem superior à obtida nas épocas tradicionais de cultivo, ou seja, "das águas" e "da seca". Essa época de cultivo proporciona melhor utilização da área e infraestrutura da propriedade. Normalmente sucede culturas de milho, arroz, algodão e outras, podendo ainda utilizar-se de restos culturais como cobertura para o solo, o que proporciona diversas vantagens, tais como: menor consumo de água de irrigação, menor variação térmica do solo, facilidade no controle de plantas daninhas, controle da erosão e outras (ARF et al., 1992). Por outro lado, as mudanças impostas indiscriminadamente aos solos, nem sempre tem sido benéficas sob o ponto de vista conservacionista, e seus efeitos podem ser observados na degradação das características físicas, químicas e biológicas, afetando a produtividade das culturas, principalmente em condições tropicais, além de provocar efeitos negativos no aspecto de plantas daninhas, doenças e pragas (BALBINO et al., 1996).

A adoção de manejo cultural adequado, entre o qual se insere a prática da adubação nitrogenada, fornecimento de água através da irrigação e fatores que melhoram o desenvolvimento do sistema radicular como é o caso do preparo do solo, são importantes no sentido de aumentar a eficiência da planta na utilização dos recursos disponíveis, evidenciando a possibilidade de aumentar a produtividade da cultura. Porém, o efeito das alterações nas características físico-hídricas do solo na produtividade do feijoeiro provocadas por diferentes preparos do solo, ainda não está bem definido.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do feijoeiro cultivado no período "de inverno" em função do preparo do solo, parcelamentos da adubação nitrogenada e manejo de água, na região de Selvíria (MS).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A produção das culturas depende do fornecimento de quantidades adequadas de água. Entretanto, períodos de excesso e déficit de água ocorrem em diversos locais, freqüentemente durante o ciclo do feijoeiro, afetando a produtividade da cultura. Para assegurar um suprimento adequado, a água, que é abundante em um período precisa ser armazenada para estar disponível em períodos de estiagem. Mesmo sob condições irrigadas o armazenamento temporário da água no solo é importante, porque permite menor freqüência de irrigação. A baixa eficiência de armazenamento de água dos solos associada a altas taxas de evaporação têm, contudo, provocado déficit que frustram esforços para aumentar a produção das culturas (CASTRO et al., 1987).

### **2.1. Sistemas de preparo do solo**

Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas e químicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a

alterar o mínimo possível essas características, especialmente aquelas que afetam a infiltração e retenção de água, como porosidade e agregação (CASTRO et al., 1987). Pois, os sistemas de manejo do solo afetam diretamente a sua densidade e porosidade e o armazenamento de água ao longo do perfil, interferindo diretamente no desenvolvimento e na produtividade das culturas (STONE & MOREIRA, 2000).

Entende-se como preparo do solo o conjunto de operações realizadas antes da sementeira, para revolver o solo, expondo-o ao ar, ao sol e à ação das máquinas, além de incorporar fertilizantes, corretivos e restos de culturas anteriores, e enterrar a cobertura vegetal como forma de controlar plantas daninhas (FOLLE & SEIXAS, 1986).

Operações de preparo do solo são realizadas para criar condições favoráveis à germinação e ao crescimento radicular das culturas. Entretanto, teor de água durante o preparo, textura do solo e implemento utilizado, são fatores que podem acarretar modificações indesejáveis da estrutura do solo, sendo comum encontrar em áreas preparadas com arados e grades, camadas compactadas próximas da superfície (DE MARIA et al., 1999).

Em algumas regiões do Brasil são adotadas variações do método convencional de preparo do solo, o qual é feito mediante o uso de grade pesada, associada com uma ou duas gradagens com grade leve. O uso dessa prática por anos sucessivos, além de ocasionar a excessiva desintegração física e preparo superficial (0,12 a 0,15 m), pode levar à formação de uma camada pouco permeável abaixo da superfície do solo, conhecido como "sola de grade" (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993). De acordo com PEDROSO & CORSINI (1983), no preparo convencional do solo as operações são realizadas continuamente numa mesma profundidade podendo ocasionar em alguns tipos de solo uma camada compactada resultante da pressão do arado como também da grade sobre o solo, conhecidas como "pé de arado" e "pé de grade". A

compactação do solo é uma das condições que tem efeito marcante sobre a aeração devido às modificações que provoca na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato da compactação é a redução no volume de macroporos, afetando a difusão da água e dos gases e, dificultando o desenvolvimento das raízes das plantas.

No sistema de plantio direto, onde a semeadura é realizada sob os restos da cultura anterior, o solo geralmente apresenta maiores valores de densidade e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, nas camadas superficiais, em comparação com o preparo convencional. Tal fato é decorrente, principalmente, do não revolvimento do solo e do tráfego de máquinas e implementos, sobretudo, em solos com elevados teores de argila (VIEIRA & MUZILLI, 1984; CORRÊA, 1985). Todavia, com os anos, a densidade do solo nesse sistema pode diminuir, devido, em parte, ao aumento da matéria orgânica da camada superficial, que favorece a estrutura do solo (FERNANDES et al., 1983).

SIDIRAS et al. (1983), estudando vários sistemas de preparo (convencional, escarificação e plantio direto), verificaram que o conteúdo de água no solo no plantio direto foi consideravelmente maior nas tensões de 0,006; 0,033 e 0,10 MPa em comparação com o solo preparado no sistema tradicional. Sob plantio direto, o conteúdo de água na capacidade de campo, considerando o valor de 0,033 MPa, nas profundidades de 0,03-0,10, 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m superou o convencional em 31, 20 e 5%, respectivamente. O preparo reduzido com escarificador ocupou posição intermediária, sem diferir estatisticamente dos demais. STONE & MOREIRA (1995), estudando o efeito do preparo do solo com arado de aiveca, arado escarificador, grade aradora e plantio direto sobre a produtividade e a utilização da água pelo feijoeiro, observaram uma interação entre preparo do solo, lâminas de água e cultivar. Para o cultivar Safira, nos tratamentos com arado de aiveca e com grade aradora, a resposta da produtividade em função das



lâminas de água aplicadas foi linear. Já para o cultivar Aporé a resposta foi quadrática para todos os tratamentos de preparo do solo. O sistema de plantio direto foi o mais eficiente no uso da água, propiciando maior produtividade com menor consumo de água.

SILVA et al. (1996) avaliaram o comportamento de diferentes métodos de preparo do solo (escarificador, arado de aiveca, aração invertida, preparo convencional e grade pesada), semeadura direta e doses de fertilizantes NPK para o feijão "da seca" na região sul de Minas Gerais. Os autores verificaram que em Lavras os métodos de preparo do solo não interferiram na população de plantas e na produtividade, provavelmente devido a não restrição de água. Porém em Perdões o efeito dos métodos de preparo sobre o estande final do feijão variou em função do nível da adubação nitrogenada empregada, mas em geral a semeadura direta e o escarificador proporcionaram melhores estandes, e o rendimento de grãos também foi significativamente influenciado pelos métodos de preparo do solo, havendo maior produtividade quando foi realizada a semeadura direta, provavelmente devido a maior preservação da umidade sob a palhada.

STONE & SILVEIRA (1999) estudando os efeitos dos sistemas de preparo do solo com arado de aiveca, grade aradora e plantio direto, na compactação do solo, disponibilidade de água, desenvolvimento radicular e produtividade do feijoeiro verificaram que o sistema de preparo do solo, com arado de aiveca, propicia menores valores de resistência à penetração, ao longo do perfil; o sistema de preparo com grade pesada proporciona a formação de uma camada mais compacta entre 0,10 e 0,24 m de profundidade; o plantio direto causa maior compactação até 0,15-0,22 m de profundidade; a distribuição do sistema radicular em profundidade é mais uniforme no preparo com arado; no preparo com grade há concentração de cerca de 60% das raízes na camada de 0-0,10 m; no plantio direto as raízes se concentram nos primeiros 0,20 m de profundidade; a tensão matricial ao longo do ciclo do feijoeiro em plantio direto, em comparação aos

demais sistemas de preparo do solo e, sob irrigação, a menor resistência do solo à penetração e a melhor distribuição do sistema radicular, no preparo com arado, não possibilitou a obtenção de maior produtividade em relação aos outros sistemas de preparo. A maior produtividade observada no plantio direto deve-se, entre outros fatores, aos menores valores e a menor variação ao longo do ciclo da tensão matricial do solo, em comparação aos demais sistemas. Porém, SILVEIRA et al. (2001) verificaram diminuição no rendimento do feijoeiro quando se utilizaram continuamente durante seis anos, o sistema de plantio direto.

STONE & MOREIRA (2001) observaram menor número de vagens por planta e massa de 100 grãos no sistema de plantio direto, refletindo assim em menor produtividade, em comparação com o sistema de preparo com grade pesada e arado de aivecas. Os autores alegam, que isto, pode ter sido consequência do menor teor de N nas plantas, que provocou redução do índice de área foliar e tendência de redução na produção de matéria seca de plantas.

De acordo com MUZILLI (1981) a cultura do feijoeiro em plantio direto surgiu como alternativa à cultura do arroz, sendo semeado pela primeira vez em 1979, após trigo. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade da inclusão do feijoeiro no sistema de rotação de culturas em plantio direto.

Segundo STONE & SILVEIRA (1996), o plantio direto da cultura do feijão irrigado por aspersão na resteva da cultura anterior vem ganhando expressão na Região Central do Brasil, tendo-se mostrado alternativa de manejo correta e sustentável de sistemas agrícolas intensivos, sob as condições agroecológicas do cerrado. SIDIRAS et al. (1984) verificaram que a cobertura do solo, com resíduos vegetais, tem efeito na redução das perdas de água por evaporação, sendo este mais pronunciado na profundidade de 0-0,10 m. BARROS & RANKS (1997) verificaram que a cobertura do solo foi efetiva no

aumento do rendimento e da eficiência do uso da água pelo feijoeiro em todos os níveis de irrigação testados.

SANTOS et al. (1997) estudaram os efeitos dos sistemas de preparo do solo, da adubação e das culturas de arroz e milho sobre o rendimento de grãos de feijão irrigado por aspersão e cultivado em sucessão. Observaram que o tratamento sem preparo do solo apresentou os menores custos de produção, mostrando efeito positivo no feijoeiro no terceiro ano de cultivo. O milho mostrou ser a melhor cultura antecessora, apresentando efeito positivo na produtividade do feijoeiro, pois, a sucessão milho/feijão foi mais eficiente que a arroz/feijão. Nos três anos de cultivo de feijão, as maiores relações benefício/custo foram obtidas no tratamento sem preparo do solo, e quando se empregou a adubação química balanceada a relação foi de 2,15 reais de retorno para cada real investido. Entretanto, SILVEIRA et al. (2001) verificaram que as rotações arroz+calopogônio/feijão e arroz/feijão são as que proporcionaram os maiores rendimentos de grãos e as maiores rentabilidades da cultura do feijão.

## **2.2. Manejo de água**

A disponibilidade de água no solo é fator limitante na produção do feijoeiro, visto que as plantas são sensíveis ao estresse hídrico durante as fases críticas (germinação, florescimento e enchimento de grãos). A literatura apresenta resultados distintos quanto a redução da produtividade em função do estresse hídrico nos diversos estádios de desenvolvimento. Assim, MACKAY & EAVES (1962) consideram como período crítico o pré-florescimento; KATTAM & FLEMING (1956) indicam que o período crítico é o florescimento e DOORENBOS & PRUITT (1976) afirmam que o florescimento e o aparecimento das vagens são os períodos mais críticos. Embora a fase reprodutiva seja a mais sensível, o déficit hídrico na fase vegetativa também é prejudicial

(MAURER et al., 1969; MIRANDA & BELMAR, 1977; STONE & MOREIRA, 2001). MAURER et al. (1969) verificaram que plantas de feijão submetidas a estresse hídrico intenso na fase vegetativa e irrigadas adequadamente a partir do início da floração recuperaram-se, porém não produziram tanto quanto aquelas que não sofreram déficit hídrico.

Por outro lado, o feijoeiro é bastante sensível ao excesso de umidade no solo. Solos úmidos, além de propiciarem condições de má aeração do sistema radicular, prejudicando o desenvolvimento das plantas, resultam em aumento da incidência de doenças. A aeração do solo, para tensões de água não limitantes ao desenvolvimento das plantas, guarda uma relação exponencial com a produção de matéria seca pelo feijoeiro (LEGARDA & FORSYTHE, 1978). Segundo MOREIRA et al. (1988), o excesso de água no solo provoca deficiência de oxigênio, levando a uma concentração inadequada deste elemento na planta e redução da atividade microbiana do solo. Os autores citam que o consumo de água pela cultura do feijão depende do estágio de desenvolvimento, condições do solo, época de cultivo e das condições climáticas. De acordo com DOORENBOS & KASSAN (1979), a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias varia entre 300 a 500 mm para obtenção de alta produtividade.

CALVACHE et al. (1995), estudando doses de nitrogênio e irrigação na cultura do feijão, verificaram que a máxima resposta ao N somente foi alcançada quando o feijoeiro recebeu irrigação adequada, ou seja, igual a ETa (evapotranspiração acumulada). Sempre que houve alguma restrição de água houve diminuição na resposta ao N, chegando a não haver resposta quando a seca ocorreu durante o florescimento, e até resposta negativa quando a irrigação foi metade da evapotranspiração potencial durante todo o ciclo da cultura. O déficit de água no período vegetativo reduz o crescimento das plantas, que podem se recuperar se a irrigação for reiniciada, mas não apresentarão a mesma

produção daquelas irrigadas adequadamente durante todo o ciclo. Assim, o agricultor que irriga não deverá permitir a ocorrência de déficit hídrico em nenhuma das fases do ciclo vegetativo do feijoeiro. A água de irrigação deve atender à exigência hídrica da planta, que varia, principalmente, com as condições de clima do local, época de semeadura, cultivares e estádios de desenvolvimento da planta (SILVEIRA & STONE, 1998).

No que se refere ao valor mínimo que a tensão de água no solo pode atingir para que não ocorra redução na produtividade do feijoeiro, existem na literatura, indicações de vários autores. MAURER et al. (1969) concluíram que o feijoeiro deve ser irrigado quando a tensão de água no solo atingir 0,02 MPa; BASCUR & FRITSCH (1975), 0,045 MPa, com tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade; MACK & VARSEVELD (1982), 0,06 MPa a 0,30 m de profundidade; DIAZ-DURAN & CASTILHO (1983), 0,035 MPa e STONE et al. (1988), 0,025-0,030 MPa com tensiômetros instalados a 0,15 m de profundidade. Os diferentes valores de tensão recomendados pelos vários autores podem ser explicados, em parte, pelas diferentes profundidades de instalação, pelas distâncias dos tensiômetros em relação às plantas de feijão e em função das demandas evapotranspirativas, considerando o estágio de desenvolvimento da planta e as condições edafoclimáticas durante o período de cultivo.

LIMA et al. (1997), estudando o efeito de diferentes lâminas de água na cultura do feijão "de inverno" irrigado por aspersão no município de Selvíria (MS), concluíram que a tensão de água no solo de 0,051 MPa mostrou-se mais favorável considerando-se a produção da cultura e o manejo de água na irrigação.

A quantidade de água no solo tem grande influência na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Para que determinado nutriente da solução do solo possa ser absorvido pelas raízes é necessário, antes de tudo, que haja o contato entre nutriente e raiz (MALAVOLTA, 1980). A forma de contato mais importante para o nitrogênio é o fluxo

de massa e, para o fósforo e potássio, é a difusão. Nessas formas, a presença de água no solo fornecida pela chuva ou irrigação, é indispensável.

### **2.3. Adubação nitrogenada**

O grão do feijão é rico em proteínas, apresentando em média 22%. O componente essencial para a síntese protéica é o nitrogênio, que é absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro. Para cada tonelada de grãos produzidos, o feijoeiro, na fase de maturação, extrai cerca de  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do nutriente sendo que deste, mais de 30 kg são exportados da área de cultivo através dos grãos (OLIVEIRA et al., 1996 e AMBROSANO et al., 1997).

A aplicação de N mineral nos solos tropicais pode apresentar às vezes, baixa frequência de resposta (FRANCO, 1977). O aproveitamento do nitrogênio usado no adubo é normalmente inferior a 50%, podendo, em determinadas situações, em solos arenosos, atingir entre 5 e 10% (DUQUE et al., 1985), devido a grandes perdas por lixiviação e desnitrificação.

Embora muitos resultados envolvendo o fornecimento de nitrogênio, no solo ou foliar, apresentem resultados negativos em relação à eficiência dessas práticas, vários trabalhos apontam bons resultados com o fornecimento do nutriente e também quando se utiliza o parcelamento, que tende a minimizar as perdas de N no solo. Os resultados do trabalho realizado por MIYASAKA et al. (1963), que estudaram modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijão, mostram que a aplicação do N em cobertura é mais eficiente quando aplicado até 20 dias após a emergência. Já SILVA et al. (2000), estudando doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do feijão “de inverno” cultivado em sistema convencional, verificaram que o nutriente proporcionou

aumento na produtividade e que em cobertura pode ser aplicado dos 15 aos 35 dias após a emergência das plantas, com bons resultados.

REIS et al. (1972), estudando o efeito de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre o feijoeiro, verificaram que a falta de aplicação do adubo nitrogenado no sulco de semeadura foi prejudicial à cultura e que as doses de adubos nitrogenados tiveram efeito apenas sobre o estande final da cultura (maiores doses, menores estandes). Também URBEN FILHO et al. (1980), avaliando doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão, verificaram que as maiores doses de N, sobretudo quando aplicadas totalmente na semeadura podem influenciar negativamente o estande, que as maiores doses de N também podem causar acamamento do feijoeiro e que não houve efeito significativo dos modos de aplicação sobre a produção de grãos e de palhada. Entretanto, DEL PELOSO et al. (1990) observaram efeito positivo na produtividade com a aplicação de parte do N na semeadura e parcelamento do restante em cobertura.

Em estudo envolvendo densidade de plantas, doses de N e parcelamento de aplicação, BUZETTI et al. (1992) verificaram que o aumento na densidade de plantas não influenciou o número de grãos/vagem, diminuiu o número de vagens/planta, o número de grãos/planta e também a massa de 100 grãos; entretanto, aumentou a produção de grãos, em função do aumento do número de plantas por área. O aumento nas doses de nitrogênio proporcionou um maior número de vagens/planta, assim como aumentou linearmente a produção de grãos, da ordem de 4,33 kg de grãos para cada kg do nutriente aplicado. O parcelamento da aplicação aos 20 e 40 dias após a emergência das plantas aumentou a massa de 100 grãos e a produtividade. Já ARAÚJO et al. (1994) estudando o comportamento do feijoeiro em função da adubação nitrogenada parcelada de acordo com a fase de desenvolvimento das plantas, verificaram que é vantajosa a aplicação parcelada

no nutriente, cujo emprego, em cobertura, deve ser feito até 30 dias após a emergência. DINIZ et al. (1995) relataram que a planta responde a aplicação de doses maiores de 40 kg.ha<sup>-1</sup> na semeadura. ANDRADE et al. (1998) verificaram que tanto a aplicação de nitrogênio na semeadura como em cobertura, 20 dias após a emergência das plantas de feijão, proporcionou incrementos na produtividade de grãos.

Estudando a aplicação de diferentes doses de N na cultura do feijão irrigado por pivô-central, SILVEIRA & DAMASCENO (1993) verificaram que houve aumento na massa da matéria seca, teor e conteúdo de N na parte aérea da planta e número de vagens por planta com o aumento da dose de N aplicado no solo. A produtividade de grãos obedeceu a uma função quadrática em resposta à adubação nitrogenada, atingindo o máximo com 72 kg.ha<sup>-1</sup> de N. BARBOSA FILHO & SILVA (1994) conduziram sete experimentos em campo com o objetivo de obter informações agro-econômicas sobre adubação e calagem do feijão e do arroz de sequeiro. Os autores concluíram que o feijoeiro quando submetido a doses crescentes de N respondeu até a dose máxima de 120 kg.ha<sup>-1</sup> aplicado em cobertura.

Em estudo realizado por FERREIRA (1998), em solo originalmente sob vegetação de cerrado, com o objetivo de avaliar o efeito de diversas doses de N (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>) e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura (22 dias ou 22 e 35 dias, após a emergência das plantas) no cultivo do feijão "de inverno", o autor concluiu que as diferentes doses de nitrogênio e o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura não interferiram nos componentes de produção e qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro.

CARVALHO et al. (2001) avaliaram os efeitos de diferentes parcelamentos da aplicação (0-0; 0-75; 15-60; 30-45; 45-30; 60-15 e 75-0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente na semeadura e em cobertura) e fontes de fertilizantes nitrogenados (uréia



e sulfato de amônio) no desenvolvimento do feijoeiro de inverno no município de Selvíria (MS). Os autores verificaram que a aplicação de nitrogênio aumentou a produtividade do feijoeiro comparativamente ao tratamento testemunha (sem nitrogênio), entretanto não houve diferença de produtividade entre os diferentes parcelamentos da aplicação de nitrogênio e a uréia proporcionou produtividade superior ao sulfato de amônio.

Em sistemas de plantio direto, pelo fato dos resíduos vegetais permanecerem na superfície do solo, a taxa de mineralização da matéria orgânica é mais lenta, quando comparado com sistemas onde é realizada aração, com incorporação dos resíduos. Devido a aspectos como este e, principalmente à relação C/N dos resíduos, o fornecimento de nitrogênio é mais lento do que nas condições de sistemas convencionais com aração (MERTEN & FERNANDES, 1998). Desta forma, SORATTO et al. (2001) verificaram que a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura acarretou em maior produtividade do feijoeiro irrigado em plantio direto.

Como pode ser observado, os trabalhos existentes na literatura envolvendo a aplicação de nitrogênio, preparo do solo e irrigação, muitas vezes apresentam resultados distintos, indicando, portanto, a necessidade de realização de pesquisas visando definir o manejo dessas práticas para a cultura do feijão.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização do trabalho de pesquisa e características do local**

O trabalho de pesquisa foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 m.

Segundo o levantamento detalhado efetuado por DEMATTÊ (1980), o solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico textura argilosa, sendo denominado de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd) pela atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

A classificação climática de acordo com Köppen é Aw. A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5 °C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

### **3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com as subparcelas dispostas em faixas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três sistemas de preparo do solo, três lâminas de água e quatro formas de parcelamento da aplicação de nitrogênio, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três sistemas de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto), tendo cada parcela a dimensão de 12 m de largura por 36 m de comprimento. As subparcelas, com dimensão de 6 m x 12 m, sendo espaçadas entre si por uma distância de 6 m e dispostas em faixas transversais às parcelas principais, foram constituídas pelas três lâminas de água aplicadas por aspersão (L1; L2 e L3). As lâminas de água foram calculadas com base em diferentes coeficientes de cultura ( $K_c$ ), distribuídos em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e apresentados na Tabela 3. As subsubparcelas receberam os tratamentos com quatro diferentes parcelamentos da aplicação da adubação nitrogenada (0 + 75; 25 + 50; 50 + 25 e 75 + 0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente na semeadura e em cobertura) e foram constituídas por 5 linhas de 6 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre si, totalizando 15 m<sup>2</sup>. A área útil foi constituída pelas 3 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

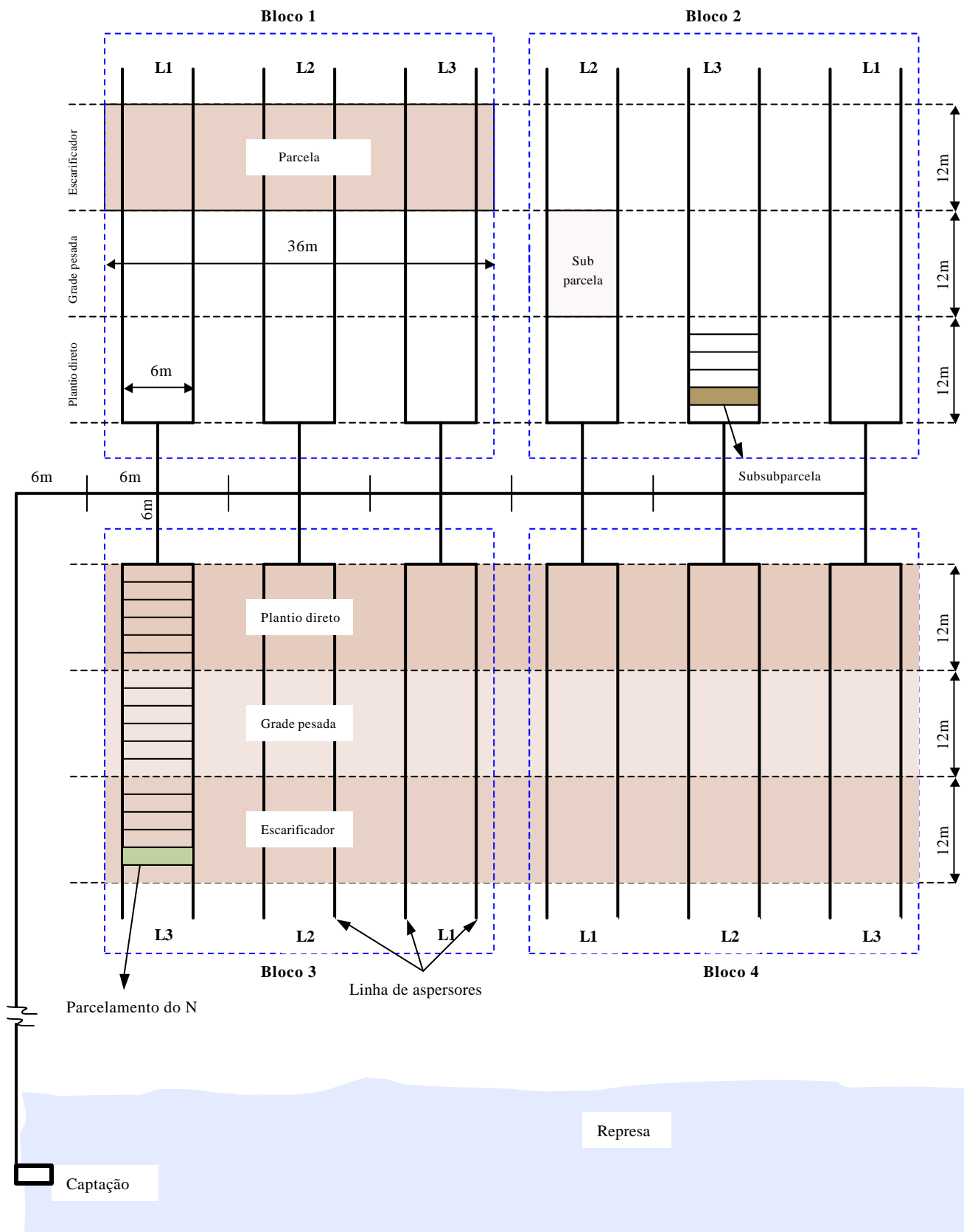


Figura 1. Croqui do experimento no campo e esquema de montagem do sistema de irrigação.

### 3.3. Condução do experimento

A área experimental, cultivada anteriormente com a cultura do arroz no verão e com a cultura do feijão no inverno, foi conduzida com o sistema de plantio direto durante três anos. Na safra de verão anterior, com a cultura do arroz, foi dada continuidade ao sistema de plantio direto em parte da área. A área preparada com grade pesada já havia sido preparada dessa forma no verão. A área que recebeu preparo com o escarificador, havia sido preparada com arado de aivecas no verão.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m, para realização da análise química de acordo com a metodologia proposta por RAIJ & QUAGGIO (1983).

Tabela 1. Características químicas do solo avaliadas de 0-0,20 m de profundidade.

P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V
			mmolc dm <sup>-3</sup>					(%)
7	27	4,8	1,7	20	7	34	2	46

O preparo do solo, dependendo do tratamento, foi realizado através de grade pesada ou escarificador e duas gradagens de nivelamento, sendo a última realizada às vésperas da semeadura. No caso do plantio direto a dessecação da cobertura vegetal do solo foi realizada através da utilização do herbicida glyphosate na dose de 1.560 g.ha<sup>-1</sup> do i.a.

A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de AMBROSANO et al. (1997). Foram aplicados 63 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40

kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O utilizando como fonte o superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A semeadura foi realizada em 10/05/2000, utilizando o cultivar IAC Carioca Eté com espaçamento de 0,50 m entrelinhas e 15-16 sementes/m, para a obtenção de 12-13 plantas/m após a emergência. Pouco antes da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida benomyl (100 g do i.a. por 100kg de sementes). O solo estava seco no momento da semeadura, sendo que a primeira irrigação, igual para todos os tratamentos, foi realizada em 11/05/2000. A emergência das plântulas ocorreu em 16/05/2000.

A adubação nitrogenada dependendo do tratamento foi realizada na semeadura ou em cobertura, ou ainda parcelada na semeadura e em cobertura. A aplicação em cobertura foi realizada 22 dias após a emergência das plantas, o produto utilizado foi o nitrato de amônio, tanto na semeadura quanto em cobertura.

O controle das plantas daninhas que surgiram na área foi feito através de duas aplicações seqüenciais do herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (100 + 125 g.ha<sup>-1</sup> do i.a.) em cada aplicação, sendo estas realizadas em 05 e 12/06/2000.

De acordo com KIYUNA (1999), o cultivar IAC Carioca Eté é resistente a antracnose, ferrugem, mosaico comum, tendo bom nível de resistência também ao mosaico dourado. Entretanto, durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas duas pulverizações com inseticida triazophos + deltamethrin (175 + 50 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), sendo a primeira em 24/05 e a segunda em 28/06/2000, para controle de vaquinhas (*Diabrotica speciosa*) e mosca branca (*Bemisia tabaci*). Também foram realizadas duas pulverizações com fungicidas, em 28/06/2000 com mancozeb (800g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e em 19/07/2000 com oxycarboxin (375 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) + mancozeb (1200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), para o controle de ferrugem (*Uromyces phaseoli*), principalmente.

O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão. A disposição do sistema de irrigação no campo possibilitou a individualização do controle da água em cada parcela, através da utilização de válvulas de linha. A taxa de aplicação de água por aspersor foi de  $3,3 \text{ mm.h}^{-1}$ .

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma mesa de tensão, similar a empregada por GROHMANN (1960) para o intervalo de 0,002 MPa a 0,010 MPa. Os aparelhos de pressão, com a placa porosa de RICHARDS & FIREMAN (1943), foram utilizados para o intervalo de 0,033 MPa a 0,101 MPa e com a membrana de RICHARDS (1947) para o intervalo de 0,101 MPa a 1,500 MPa. Os valores das tensões e teores de água expresso em base gravimétrica (%) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Capacidade de retenção de água no solo da área experimental. Teor de água expresso em base gravimétrica (%).

Profundidade (m)	Tensão de água no solo (MPa)							
	1,500	0,507	0,101	0,033	0,010	0,006	0,004	0,002
	Teor de água (base gravimétrica)							
0,00-0,20	14,50	15,15	16,95	18,51	20,50	26,24	27,78	44,22
0,20-0,40	16,94	17,88	19,49	20,35	22,55	27,61	31,45	47,80

A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) acumulada atingiu valores próximos da água disponível do solo (ADS) pré-estabelecidos. A ADS (mm) foi calculada utilizando a expressão:

$$\text{ADS} = (\text{CC} - \text{PMP}/100). \text{d.h.p.} \quad (1)$$

onde: CC é o teor de água correspondente a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente (%),  $d$  é a densidade do solo ( $\text{kg.m}^{-3}$ );  $h$  é a profundidade efetiva do sistema radicular (0,20 m),  $p$  é a fração de esgotamento da água do solo (60% DOORENBOS & KASSAN, 1988) mantendo a  $E_{Tr}$  (evapotranspiração real) em níveis próximos a  $E_{Tm}$ .

A  $E_{Tm}$  foi determinada pela expressão:

$$E_{Tm} = K_c \cdot E_{To} \quad (2)$$

onde:  $E_{Tm}$  = evapotranspiração máxima da cultura ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ),  $E_{To}$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e  $K_c$  = coeficiente de cultura.

A determinação da evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão:

$$E_{To} = K_p \cdot ECA \quad (3)$$

sendo a  $E_{To}$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm.dia}^{-1}$ );  $ECA$  = evaporação do tanque classe A ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e  $K_p$  = coeficiente do tanque classe A.

A evaporação de água ( $ECA$ ) foi obtida diariamente do tanque classe A instalado no Posto Meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa distante aproximadamente 500 m da área experimental. O coeficiente do tanque classe A ( $K_p$ ) utilizado foi o proposto por DOORENBOS & PRUITT (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.



No manejo de água durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados diferentes Kc distribuídos em períodos compreendidos entre a emergência e a colheita de acordo com a Tabela 3. Os valores dos Kc utilizados na lâmina 2 (L2), são semelhantes aos recomendados por DOORENBOS & KASSAN (1988). Já os valores utilizados na lâmina 1 (L1) e lâmina 3 (L3), são respectivamente, 25% menores e 25% maiores do que os utilizados na lâmina 2.

Tabela 3. Valores de Kc (coeficiente da cultura) utilizados nos diferentes tratamentos envolvendo o manejo de água.

Lâmina de água	Fases de desenvolvimento*				
	V <sub>0</sub> - V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub> - V <sub>4</sub>	R <sub>5</sub> - R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>	R <sub>9</sub>
L1	0,23	0,53	0,79	0,56	0,19
L2	0,30	0,70	1,05	0,75	0,25
L3	0,38	0,88	1,31	0,94	0,31

\*FERNANDEZ et al. (1986).

V<sub>0</sub>-V<sub>2</sub>= Período compreendido da germinação até o início do surgimento da 1ª folha trifoliolada;

V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>= Período compreendido entre o surgimento da 1ª folha trifoliolada e o surgimento do 1º botão floral;

R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>= Período entre o surgimento do 1º botão floral e o início do enchimento das vagens;

R<sub>8</sub>= Enchimento das vagens e,

R<sub>9</sub>= Maturação.

### 3.4. Avaliações realizadas

No decorrer do experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

#### **Distribuição das lâminas de água**

Determinou-se a quantidade de água aplicada através da irrigação por aspersão e a proveniente da precipitação pluvial natural. Posteriormente, realizou-se o cálculo da distribuição pluvial para cada estágio de desenvolvimento da planta.

### **Determinações realizadas no solo**

Amostras com estrutura foram coletadas nas áreas com diferentes preparos de solo, com o auxílio de anéis volumétricos, para a determinação de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo. Coletou-se uma amostra em cada um dos três intervalos de profundidade avaliados (0,00-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m), em seguida as amostras foram embaladas e encaminhadas ao laboratório. A macroporosidade foi obtida pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997), a porosidade total foi obtida pela diferença entre massa do solo saturado e massa do solo seco em estufa e a microporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a macroporosidade. A densidade foi determinada utilizando-se as mesmas amostras, secas em estufa a 105 °C, após as determinações de macroporosidade, microporosidade e porosidade total (EMBRAPA, 1997).

Foram efetuadas determinações de resistência do solo à penetração com o penetrógrafo, por ocasião do florescimento pleno da cultura. O penetrógrafo utilizado foi o de leitura direta, modelo PENETROGRAPHER SC-60 da SOILCONTROL, com ponteira de 120 mm<sup>2</sup>, diâmetro da haste de 9,5 mm e penetração de 0,60 m. Foram realizadas determinações em três pontos por parcela, com o objetivo de obter informações sobre a compactação do solo. Próximo aos respectivos pontos de determinação da resistência, determinou-se o teor de água para as camadas de 0,00-0,15 m, 0,15-0,30 m, 0,30-0,45 m e 0,45-0,60 m de profundidade.

Com o objetivo de padronizar o efeito do teor de água na resistência à penetração, no perfil e nos diferentes sistemas de preparo do solo, foi feito ajuste utilizando-se a análise de covariância (STEEL & TORRIE, 1980), com correção para a umidade média.

### **Florescimento pleno**

Foi determinado o número de dias transcorridos entre a emergência e o florescimento de 50% das plantas, com o objetivo de avaliar a quantidade de matéria seca de plantas, teor de nitrogênio total nas folhas e resistência do solo à penetração.

### **Massa da matéria seca das plantas**

Por ocasião do florescimento pleno das plantas foram coletadas, em local pré-determinado, na área útil das parcelas, 10 plantas que foram levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70<sup>0</sup>C, até atingir massa constante.

### **Teor de N total na parte aérea das plantas**

Para determinação do teor de N total foram utilizadas 10 plantas coletadas em cada unidade experimental, durante o período de florescimento pleno. As folhas foram colocadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60-70<sup>0</sup>C, por 72 horas. A seguir foram moídas em moinho do tipo Willey para posteriormente sofrerem a digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por SARRUGE & HAAG (1974).

### **Componentes de produção**

Por ocasião da colheita, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela e levadas para laboratório para determinação de: número de vagens/planta; número de grãos/planta; número médio de grãos/vagem e massa de 100 grãos, que foi determinada através da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de

100 grãos por parcela, posteriormente os dados foram transformados para umidade de 13% (base úmida).

### **Produtividade de grãos**

As plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas manualmente e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (13% base úmida).

### **Teor de N nos grãos**

Para a determinação do teor de N total foram utilizados aproximadamente 5 gramas de grãos provenientes das 10 plantas coletadas por ocasião da colheita em cada parcela. Os grãos foram submetidos a uma lavagem rápida com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 60 - 70°C. Posteriormente, foram moídas em moinho do tipo Willey para em seguida, sofrerem a digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por SARRUGE & HAAG (1974).

## **3.5. Análise estatística**

Todos os dados foram avaliados através da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias.

As características físicas do solo foram analisadas pelo esquema fatorial (Tabela 4) e as componentes de produção e produtividade do feijoeiro pelo esquema de

parcelas subdivididas com subparcelas dispostas em faixas (Tabela 5), conforme STEEL & TORRIE (1980)

Tabela 4. Esquema de análise da variância para as características físicas do solo.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL<sup>(1)</sup></b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Bloco	3	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>5</sub>
Preparo do solo (S)	2	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>5</sub>
Profundidade (P)	2/4	Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> /Q <sub>5</sub>
S*P	4/8	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>5</sub>
Resíduo	24/45	Q <sub>5</sub>	
<b>Total</b>	<b>35/59</b>		

<sup>(1)</sup> Valores referentes à micro, macro, porosidade total e densidade do solo / valores referentes à resistência do solo à penetração

Tabela 5. Esquema de análise da variância para as características da cultura do feijão.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Bloco (B)	3	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>3</sub>
Preparo do solo (S)	2	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>3</sub>
Resíduo (A) (S*B)	6	Q <sub>3</sub>	
Parcelas	(11)		
Lâmina (L)	2	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>5</sub>
Resíduo (B) (L*B)	6	Q <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>7</sub>
S*L	4	Q <sub>6</sub>	Q <sub>6</sub> /Q <sub>7</sub>
Resíduo (C) (S*L*B)	12	Q <sub>7</sub>	
Subparcelas	(35)		
Parcelamentos da aplicação de N (N)	3	Q <sub>8</sub>	Q <sub>8</sub> /Q <sub>12</sub>
S*N	6	Q <sub>9</sub>	Q <sub>9</sub> /Q <sub>12</sub>
L*N	6	Q <sub>10</sub>	Q <sub>10</sub> /Q <sub>12</sub>
S*L*N	12	Q <sub>11</sub>	Q <sub>11</sub> /Q <sub>12</sub>
Resíduo (D) (S*L*N*B)	81	Q <sub>12</sub>	
<b>Total</b>	<b>143</b>		

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Distribuição das lâminas de água**

Na Figura 2 estão contidas as informações sobre a distribuição das lâminas de água e da precipitação pluvial durante o desenvolvimento da cultura do feijão. A análise permite constatar que a aplicação de água foi maior nas fases  $R_5$  (floração) e  $R_7$  (formação das vagens), para todas as lâminas testadas, devido aos maiores valores de  $K_c$  utilizados, em função da maior exigência em água pelo feijoeiro nesse período.

Quanto ao total de água aplicada, constata-se que na lâmina 1 foram aplicados 148,8 mm de água, ou seja, uma quantidade cerca de 26,5% inferior a aplicada na lâmina 2 (202,7 mm). Já na lâmina 3 foram aplicados cerca de 253,6 mm, praticamente 27% superior, em relação à aplicada na lâmina 2. Isso mostra que as diferenças foram proporcionais às estabelecidas para os coeficientes de cultura utilizados. Entretanto, esta relação não foi observada dentro de cada estágio de desenvolvimento da cultura, devido à água proveniente das precipitações pluviais ocorridas durante a condução do experimento.

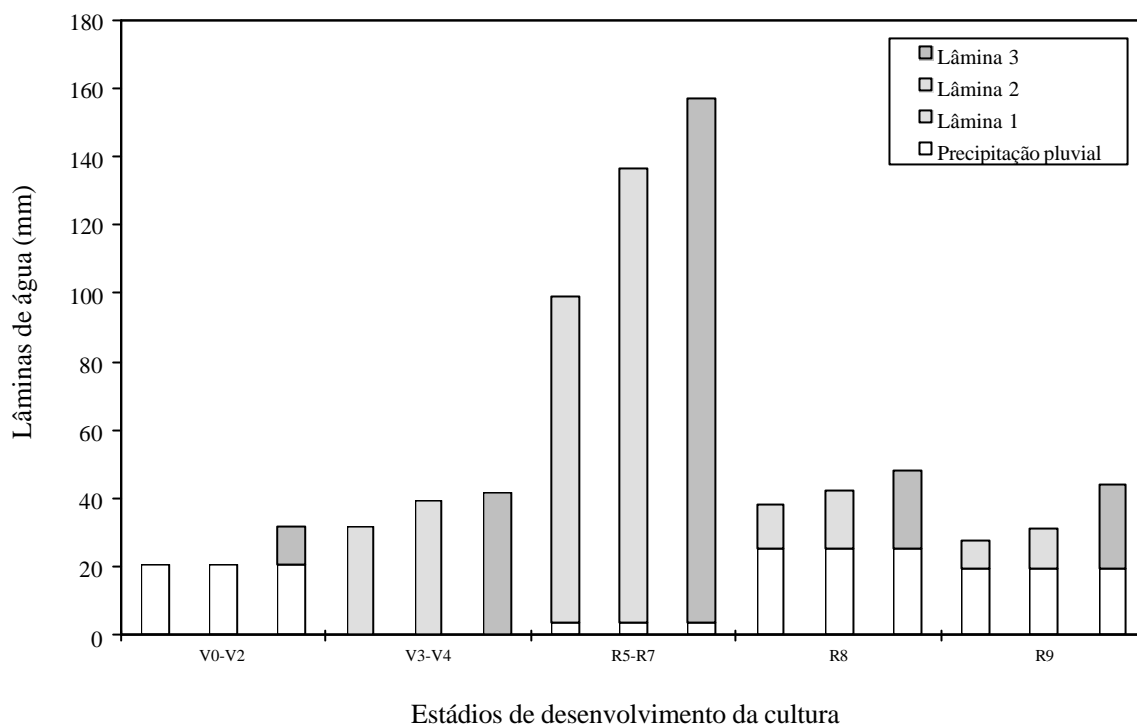


Figura 2. Lâminas de água aplicadas e precipitação pluvial ocorrida nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000.

#### 4.2. Características físicas do solo

Os resultados referentes aos quadrados médios da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo encontram-se na Tabela 6. Pode-se observar que o sistema de preparo do solo não teve influência significativa em nenhuma das características físicas avaliadas. A profundidade mostrou efeito significativo sobre a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo. Ocorreu efeito significativo da interação entre sistema de preparo do solo e profundidade de avaliação somente para densidade do solo.

Tabela 6. Quadrados médios referentes à macro, micro, porosidade total e densidade do solo sob diferentes sistemas de preparo, avaliado em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000.

Causa de variação	GL	Porosidade			Densidade do solo
		Macro	Micro	Total	
Preparo do solo (S)	2	0,0015 ns	0,0003 ns	0,0012 ns	0,0145 ns
Profundidade (P)	2	0,0182 *	0,0005 ns	0,0208**	0,2190 **
S*P	4	0,0019ns	0,0005 ns	0,0006 ns	0,0140 *
Resíduo	24	0,0014	0,0003	0,0007	0,0050
CV(%)		24,54	5,84	5,59	5,33

\*\*, \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em função de sistemas de preparo do solo e profundidade. Pode-se verificar que para todas características avaliadas os sistemas de preparo do solo não diferiram estatisticamente. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por ELTZ et al. (1989) e ALMEIDA (2001), para microporosidade do solo e por RODRIGUES (2001), para todas as características.

Quanto a macroporosidade (Tabela 7), verifica-se que a profundidade de 0,40-0,60 m apresentou o maior valor, diferindo estatisticamente das camadas de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m, que por sua vez não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram obtidos por ANJOS et al. (1994), CAVENAGE et al. (1999) e RODRIGUES (2001). A diminuição da macroporosidade nessas camadas indica que ocorreu degradação da estrutura do solo alterando a relação massa volume, já que o solo da área experimental em condições naturais apresenta na camada de 0,00-0,40 m, macroporosidade de 0,22 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> (SOUZA, 2000).



Tabela 7. Valores médios de macro, micro e porosidade total e densidade do solo sob diferentes sistemas de preparo, em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000.

Tratamentos	Porosidade			Densidade do solo
	Macro	Micro	Total	
	-----m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> -----			Kg.m <sup>-3</sup>
<b>Preparo do solo</b>				
Plantio direto	0,15	0,32	0,47	1362
Grade pesada	0,17	0,31	0,48	1293
Escarificador	0,15	0,31	0,46	1339
<b>Profundidade (m)</b>				
0,00-0,20	0,12 b	0,31	0,43 c	1463
0,20-0,40	0,15 b	0,32	0,47 b	1338
0,40-0,60	0,20 a	0,31	0,51 a	1193
DMS (Tukey) a 5%	0,039	-	0,027	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A microporosidade não deferiu entre as profundidades avaliadas. Em condições naturais, para o solo em estudo, a microporosidade assume valores de 0,30 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> para a profundidade de 0,00-0,20 m e 0,34 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> para a profundidade de 0,20-0,40 m (SOUZA, 2000). Observa-se na Tabela 7 que para as profundidades de 0,00-0,20m e 0,20-0,40 m, os valores de microporosidade são semelhantes aos obtidos em condições de solo sob vegetação de cerrado.

A porosidade total foi menor na profundidade de 0,00-0,20 m, tendo seus valores significativamente elevados à medida que se aumentou a profundidade de avaliação. CARVALHO (2000) também observou maior valor de porosidade total na camada de 0,20-0,40 m em relação à camada superficial. Os resultados também são semelhantes aos obtidos por RODRIGUES (2001), no mesmo solo. As observações

concordam com a hipótese de que a degradação da estrutura do solo é evidenciada pela redução da macroporosidade e conseqüentemente da porosidade total (ALBUQUERQUE et al., 1995).

Na Tabela 8 estão apresentados os dados referentes ao desdobramento da interação entre sistemas de preparo do solo e profundidade, para densidade do solo. Nota-se que houve diferença significativa entre os sistemas de preparo do solo apenas na camada 0,00-0,20 m de profundidade, sendo que, o sistema de plantio direto apresentou os maiores valores de densidade do solo nesta profundidade, em comparação com o preparo com grade pesada, porém, não diferindo do preparo com escarificador. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por (VIEIRA & MUZILLI, 1984; CARVALHO, 2000; ALMEIDA, 2001). Segundo FERNANDES et al. (1983), nos primeiros anos de plantio direto há uma tendência de aumento na densidade da camada superficial do solo, devido ao arranjo natural que o solo tende a apresentar quando deixa de ser manipulado mecanicamente. CARVALHO (2000) e ALMEIDA et al. (2001) trabalhando no mesmo solo observaram maior densidade do solo, na camada de 0,00-0,10 m comparando o sistema de plantio direto com convencional, concordando com o presente trabalho.

Nota-se também que no sistema de plantio direto a densidade do solo apresentou maior valor na camada de 0,00-0,20 m de profundidade, diferindo das demais. Nos outros sistemas de preparo a densidade do solo também foi maior na profundidade de 0,00-0,20 m, porém, diferindo apenas da profundidade de 0,40-0,60 m, confirmando a constatação de CENTURION & DEMATTÊ (1985) que também observaram valores mais elevados de densidade do solo, nas camadas superficiais, para todos os sistemas de preparo do solo utilizados.

Tabela 8. Desdobramento da interação significativa entre sistemas de preparo do solo e profundidade, referente à densidade do solo ( $\text{kg m}^{-3}$ ).

Preparo do solo	Profundidade (m)		
	0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
Plantio direto	1568 aA	1320 aB	1198 aB
Grade pesada	1370 bA	1323 aA	1187 aB
Escarificador	1453 abA	1370 aA	1195 aB
DMS 5% Preparo (Profundidade)	125		
DMS 5% Profundidade (Preparo)	125		

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados referentes à resistência do solo à penetração observados e corrigidos (pela análise de covariância com correção para umidade gravimétrica), em função do sistema de preparo do solo e a profundidade de avaliação. Observa-se que apenas as profundidades de avaliação tiveram efeito sobre a resistência do solo à penetração.

Tabela 9. Quadrados médios referentes à resistência do solo sob diferentes sistemas de preparo, avaliado em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000.

Causa de variação	GL	Resistência do solo (MPa)	
		(1)	(2)
Preparo do solo (S)	2	0,0088 ns	0,0088 ns
Profundidade (P)	4	0,8534 **	0,0859 **
S*P	8	0,0085 ns	0,0084 ns
Resíduo	45	0,0145	0,0136
CV(%)		21,29	6,78

\*\*, \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

(1) Valores de resistência observados nas condições de campo. (2) Valores ajustados utilizando-se a análise de covariância, com correção dos dados pela umidade gravimétrica.

Observa-se, através dos dados corrigidos, um aumento da resistência à penetração com a profundidade (Tabela 10). CENTURION & DEMATTÊ (1985), trabalhando com vários sistemas de preparo, no mesmo solo, observaram a formação de uma camada mais compacta a partir de 0,10 m de profundidade. KLEPKER & ANGHINONI (1995) também verificaram maior resistência à penetração na camada de 0,20-0,25 m em comparação a camada 0,05-0,10 m de profundidade. Os valores de resistência do solo à penetração mostram a tendência de formação de uma camada mais compacta a partir da camada subsuperficial.

Tabela 10. Valores médios de resistência do solo à penetração, sob diferentes sistemas de preparo, em diferentes profundidades. Selvíria (MS), 2000.

Tratamentos	Resistência do solo (MPa)	
	(1)	(2)
<b>Preparo do solo</b>		
Plantio direto	1,79	1,71
Grade pesada	1,79	1,70
Escarificador	1,57	1,74
DMS (Tukey) a 5%	0,25	0,08
<b>Profundidade (m)</b>		
0-0,075	1,22 b	1,47 c
0,075-0,15	1,86 a	1,59 bc
0,15-0,30	1,83 a	1,71 b
0,30-0,45	1,91 a	1,99 a
0,45-0,60	2,27 a	2,01 a
DMS (Tukey) a 5%	0,44	0,14

(1) Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada fator, não diferem entre si significativamente pelo teste de Tukey a 5%. (2) Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada fator, não diferem entre si significativamente pelo teste de Tukey a 5%, com a utilização da covariância (umidade gravimétrica) como correção.

De acordo com o TAYLOR et al. (1966) e NESMITH (1987), o valor considerado crítico para o desenvolvimento radicular é de 2,0 MPa. Desta forma, os valores obtidos até a profundidade de 0,45 m, estão abaixo do limite crítico, aceito pela maioria dos pesquisadores.

### **4.3. Características agronômicas da cultura do feijão**

O florescimento pleno ocorreu na mesma época em todas as parcelas, cerca de 42 dias após a emergência das plantas. A colheita ocorreu em 24/08/2000, ou seja, 99 dias após a emergência das plantas. Isto significa que o ciclo do feijoeiro cultivar IAC Carioca Eté, não foi afetado pelos tratamentos. Porém o ciclo da cultura foi maior do que o obtido por POMPEU et al. (1999), que observaram um ciclo médio de 90 dias para o mesmo cultivar, no período de inverno. Entretanto, essa característica pode ser influenciada por condições climáticas, como temperatura do ar (ARRUDA et al., 1980), sendo que menor temperatura do ar tende a prolongar o ciclo do feijoeiro.

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados referentes aos quadrados médios da massa de matéria seca e teor de N total na parte aérea do feijoeiro, cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo, lâminas de água e parcelamentos da aplicação do nitrogênio. Verifica-se que não houve efeito significativo do sistema de preparo do solo e de nenhuma das interações sobre a massa de matéria seca do feijoeiro. Já a lâmina de água aplicada e o parcelamento da aplicação do nitrogênio afetaram significativamente a massa de matéria seca das plantas.

Tabela 11. Quadrados médios referentes à massa da matéria seca e teor de N da parte aérea do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>Matéria seca de plantas</b>	<b>Teor de N na parte aérea</b>
Preparo do solo (S)	2	2,707 ns	14,519 ns
Resíduo (A)	6	1,802	8,733
Lâmina de água (L)	2	7,845 *	7,435 ns
Resíduo (B)	6	1,243	11,142
S*L	4	4,084 ns	17,401 ns
Resíduo (C)	12	2,906	11,959
Parcelamento do N (N)	3	46,585 **	484,177 **
S*N	6	1,274 ns	23,357 ns
L*N	6	2,433 ns	18,298 ns
S*L*N	12	1,362 ns	9,913 ns
Resíduo (D)	81	1,877	12,318

\*\*, \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios de massa de matéria seca e teores de nitrogênio na parte aérea das plantas de feijão cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo, lâminas de água e parcelamento do nitrogênio aplicado. Verifica-se, que não houve efeito significativo do tipo de preparo de solo sobre a massa de matéria seca da parte aérea do feijoeiro. Esses resultados concordam com os obtidos por SAMPAIO et al. (1989), que também não observaram diferenças na produção de palhada de feijão “das águas” e “da seca”, consorciado com milho, quando cultivados em plantio direto ou sobre preparo do solo com grade pesada.

Para lâminas de água, houve diferença estatística entre as mesmas, para massa de matéria seca de planta, com o maior valor desta característica sendo obtido com a aplicação da lâmina intermediária (L2), que diferiu estatisticamente apenas do valor obtido com a aplicação da menor lâmina (L1). Esses resultados são contraditórios aos

obtidos por LIMA et al. (1997), que trabalhando com o cultivar IAC Carioca, verificaram que a manutenção do solo em tensões de água maiores, ou seja, quando se aplicou menor quantidade de água, houve maior produção de matéria seca de plantas.

Quanto ao parcelamento da aplicação de nitrogênio na cultura (Tabela 12), pode-se verificar que a aplicação da maior parte da adubação nitrogenada na semeadura, proporcionou maior produção de matéria seca de plantas. Concordando com REIS et al. (1972) que em estudo conduzido em Viçosa, demonstraram ser prejudicial para a cultura a falta de adubo nitrogenado na semeadura, pois, segundo DINIZ et al. (1995) a planta responde à doses maiores que  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura, o que pode ser interessante para se conseguir um vigoroso desenvolvimento inicial da planta. Concorda também com CARVALHO et al. (2001) que verificaram que a aplicação de toda a dose de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura proporcionou menor produção de matéria seca pela planta de feijão. Porém, discorda do obtido por URBEN FILHO et al. (1980), que não observaram efeitos significativos de modos de aplicação do nitrogênio sobre a produção de palha pelo feijoeiro.

Através da Tabela 11 pode-se verificar que o teor de N na parte aérea do feijoeiro não sofreu efeito significativo do sistema de preparo do solo. Apesar da constatação da maior necessidade de N no sistema de plantio direto em comparação com outros sistemas que mobilizam o solo (STONE & MOREIRA, 2001), pois, de acordo com KURIHARA et al. (1998), tal fato se deve à imobilização microbiana do N do fertilizante. No presente estudo, como pode ser observado na Tabela 12, em todos os sistemas de preparo do solo as plantas apresentaram na época do florescimento teores adequados de N na parte aérea (MALAVOLTA et al., 1980 e AMBROSANO et al., 1997). Isso provavelmente, ocorreu devido ao suprimento das necessidades das plantas em todos os sistemas de preparo do solo pela dose de N aplicada ( $75 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Tabela 12. Valores médios de massa da matéria seca e teor de N das plantas de feijão em função do preparo do solo, lâminas de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000.

<b>Tratamentos</b>	<b>Matéria seca (g planta<sup>-1</sup>)</b>	<b>N na parte aérea (g kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Preparo do solo</b>		
Plantio direto	6,57	33,52
Grade pesada	6,92	33,37
Escarificador	7,02	34,39
CV(%)	5,67	2,52
<b>Lâmina de água</b>		
L1	6,43 b	34,17
L2	7,23 a	33,49
L3	6,85 ab	33,57
CV(%)	12,46	5,12
<b>Parcelamento do N *</b>		
0+75	5,62 b	37,89 a
25+50	6,14 b	35,81 a
50+25	7,63 a	30,73 b
75+0	7,96 a	30,61 b
CV(%)	20,03	10,39
<b>DMS (Tukey) a 5%</b>		
Preparo do solo	-	-
Lâmina de água	0,70	-
Parcelamento do N	0,85	2,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \* Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura.

As lâminas de água aplicadas também não influenciaram significativamente o teor de N na parte aérea do feijoeiro (Tabela 11). Tais resultados são diferentes dos obtidos por STONE & MOREIRA (2001), que observaram teores significativamente inferiores de N foliar em feijoeiro irrigado com menores lâminas de



água. Porém, pela Tabela 12 pode-se observar que em todas as lâminas as plantas apresentaram teores superiores a  $30 \text{ g kg}^{-1}$ , que são considerados adequados para o feijoeiro, de acordo com MALAVOLTA et al. (1980) e AMBROSANO et al. (1997).

Pela Tabela 11, pode-se observar que o parcelamento da aplicação de nitrogênio teve efeito significativo sobre o teor desse nutriente, na parte aérea da planta. A aplicação da maior parte do nitrogênio em cobertura provocou um maior acúmulo deste nutriente na parte aérea das plantas (Tabela 12). Tal fato se deve, provavelmente ao melhor aproveitamento pela cultura do nitrogênio aplicado por ocasião da semeadura, produzindo assim, maior quantidade de matéria seca, já nos tratamentos em que a maior parte do nitrogênio foi aplicada em cobertura, a planta possivelmente tenha absorvido o nutriente, mas ainda não o tinha utilizado para produção de matéria seca, ou o nutriente estava mais concentrado porque as plantas apresentavam menor quantidade de matéria seca. Entretanto, é importante salientar, que os teores de nitrogênio obtidos em todos os tratamentos encontram-se na faixa considerada adequada para a cultura (MALAVOLTA et al. 1980 e AMBROSANO et al., 1997).

Os resultados dos quadrados médios do número de vagens e de grãos por planta e, para número de grãos por vagem estão apresentados na Tabela 13. Nota-se que houve efeito significativo do sistema de preparo do solo e do parcelamento da aplicação de N sobre o número de vagens por planta, já as lâminas de água e as interações não tiveram efeito significativo.

Através da Tabela 14 pode-se observar que o preparo do solo com grade proporcionou valores superiores aos obtidos nos demais sistemas de preparo do solo, sem no entanto, diferir significativamente do sistema de preparo com escarificador, que por sua vez não diferiu do sistema de plantio direto. Concordando com resultados obtidos por SANTOS et al. (1997), e com STONE & MOREIRA (2001), que também observaram um

menor número de vagens por planta no sistema de plantio direto, em comparação com outros sistemas de preparo do solo. Entretanto, CARVALHO (2000) não observou diferença no número de vagens e de grãos por planta de feijoeiro cultivado em sistema convencional de preparo do solo ou em plantio direto.

Os modos de parcelamento do nitrogênio tiveram efeito no número de vagens por planta, com o maior resultado conseguido com a aplicação de toda a dose em cobertura (Tabela 14), porém, não diferindo do tratamento em 50 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado por ocasião de semeadura e 25 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura. SILVEIRA & DAMASCENO (1993) e CARVALHO et al. (2001) obtiveram valores semelhantes para essa característica.

Tabela 13. Quadrados médios referentes ao número de vagens e grãos por planta e grãos por vagem do feijoeiro. Selvíria (MS), 2000.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>Nº de vagens por planta</b>	<b>Nº de grãos por planta</b>	<b>Nº de grãos por vagem</b>
Preparo do solo (S)	2	63,914 *	2409,762 *	0,825 ns
Resíduo (A)	6	7,694	292,911	0,271
Lâmina de água (L)	2	25,557 ns	792,750 ns	0,017 ns
Resíduo (B)	6	5,864	272,004	0,404
S*L	4	3,218 ns	16,634 ns	0,210 ns
Resíduo (C)	12	15,718	464,935	0,124
Parcelamento do N (N)	3	24,827 **	515,461 ns	0,207 ns
S*N	6	11,025 ns	260,763 ns	0,056 ns
L*N	6	2,947 ns	79,457 ns	0,048 ns
S*L*N	12	6,726 ns	137,890 ns	0,072 ns
Resíduo (D)	81	6,973	207,637	0,114

\*\*, \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Tabela 14. Valores médios de número de vagens e grãos por planta e grãos por vagem de feijão em função de preparos do solo, lâminas de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000.

<b>Tratamentos</b>	<b>Nº de vagens por planta</b>	<b>Nº de grãos por planta</b>	<b>Nº de grãos por vagem</b>
<b>Preparo do solo</b>			
Plantio direto	12,03 b	60,30 b	5,03
Grade pesada	14,29 a	74,47 a	5,20
Escarificador	12,75 ab	67,36 ab	5,28
CV(%)	6,15	7,33	2,91
<b>Lâmina de água</b>			
L1	12,39	63,91	5,16
L2	12,86	66,37	5,16
L3	13,82	71,85	5,19
CV(%)	15,22	16,00	3,41
<b>Parcelamento do N*</b>			
0+75	14,13 a	72,78	5,15
25+50	12,30 b	65,15	5,27
50+25	13,18 ab	67,15	5,09
75+0	12,48 b	64,43	5,17
CV(%)	20,28	21,39	6,52
<b>DMS (Tukey) a 5%</b>			
Preparo do solo	1,74	10,72	-
Lâmina de água	-	-	-
Parcelamento do N	1,63	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \* Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura.

No que se refere ao número de grãos por planta (Tabela 13), nota-se que houve efeito significativo do sistema de preparo do solo, já a quantidade de água aplicada, os parcelamentos da adubação nitrogenada e as interações não tiveram efeito significativo sobre essa característica. Através da Tabela 14, pode-se observar que o tratamento com grade pesada foi o que proporcionou os maiores valores, não diferindo do tratamento com escarificador, que ocupou posição intermediária, e que por sua vez não diferiu do sistema de plantio direto que obteve os piores resultados. SANTOS et al. (1997) também constataram maior número de grãos por planta de feijão cultivado em solo preparado com grade, isso no primeiro ano de cultivo. Esse resultado revela que o preparo do solo tanto com grade pesada quanto com escarificador pode ter promovido melhor condições para o desenvolvimento radicular, possibilitando a planta melhor exploração do solo e absorção de nutrientes. Entretanto, STONE & MOREIRA (2000) verificaram que apenas o sistema de plantio direto com adequada cobertura do solo, proporcionou aumento no número de vagens e grãos por planta.

As diferentes lâminas de água aplicadas assim como os parcelamentos da aplicação de nitrogênio e as interações entre vários fatores estudados não tiveram influência sobre o número de grãos por planta. Entretanto, nota-se através da Tabela 14, que houve uma tendência de aumento no número de vagens e de grãos por planta com o aumento da quantidade de água aplicada.

A redução no número de vagens e de grãos por planta, em condições de deficiência hídrica, é consequência do decréscimo na percentagem de vingamento de flores e do abortamento de óvulos (STONE et al. 1988). Assim, alguns autores (HOSTALÁCIO & VALIO, 1984; STONE et al., 1988 e STONE & MOREIRA, 2000) verificaram menor número de grãos e vagens em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica ou quando irrigados com tensões elevadas de água no solo. Embora o número de

vagens por planta, no presente estudo, não tenha sido influenciado significativamente pelas lâminas de água utilizadas (Tabela 14), houve assim como no número de grãos por planta uma tendência de aumento no número de vagens por planta com o aumento de quantidade de água aplicada, durante o ciclo do feijoeiro. Isso indica que as diferenças entre os coeficientes de culturas ( $K_c$ ) utilizados, provavelmente não tenham sido suficientes para proporcionar diferenças significativas entre os tratamentos.

O número de grãos por vagem não foi afetado significativamente por nenhum dos fatores estudados (Tabelas 13 e 14). STONE & MOREIRA (2000) também não observaram diferenças entre plantio direto e preparo do solo com grade ou escarificador, nem de lâminas de água sobre o número de grãos por vagem. Isso se deve, provavelmente, por ser essa uma característica mais relacionada com o cultivar utilizado, que sofre menor influência do ambiente (ANDRADE et al., 1998).

Na Tabela 15, encontram-se os quadrados médios referentes à massa de 100 grãos, produtividade e teor de N nos grãos. Verifica-se que houve efeito do sistema de preparo do solo e da interação sistema de preparo do solo com parcelamento do nitrogênio na massa de 100 grãos. As lâminas de água, o parcelamento da aplicação do nitrogênio e as demais interações não influenciaram essa característica.

Os valores médios da interação significativa entre sistemas de preparo do solo e parcelamento do nitrogênio para massa de 100 grãos, podem ser observados na Tabela 17. Verifica-se que o preparo do solo com grade pesada foi o melhor quando se aplicou a maior parte do nitrogênio em cobertura, não deferindo do preparo com escarificador. Quando foram aplicados  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  ou todo o N na semeadura, o sistema de preparo com grade pesada, também se destacou, no preparo com escarificador se obteve posição intermediária, e o plantio direto apresentou os menores valores. Dentro dos sistemas de preparo do solo, observa-se que no plantio direto o maior valor de massa de

100 grãos foi obtido quando o nitrogênio foi aplicado todo na semeadura, mas este não diferiu da aplicação de todo o nitrogênio em cobertura ou de 25 kg ha<sup>-1</sup> em semeadura e o restante em cobertura. Quando se preparou o solo com grade, nota-se que a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 25 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura foi o tratamento que proporcionou os melhores resultados, diferindo significativamente apenas do tratamento onde foram aplicados 25 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 50 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura. Não houve diferença significativa entre os modos de parcelamento do nitrogênio, quando testados juntamente com o preparo com escarificador. A média de massa de 100 grãos observada no presente trabalho (23,70 g), foi semelhante ao obtido por POMPEU et al. (1999), para o cultivar IAC Carioca Eté (23,82 g).

Tabela 15. Quadrados médios referentes à massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de N nos grãos de feijoeiro. Selvíria (MS), 2000.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>Massa de 100 grãos (g)</b>	<b>Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Teor de N nos grãos (g kg<sup>-1</sup>)</b>
Preparo do solo (S)	2	12,253 **	231954,382 *	0,289 ns
Resíduo (A)	6	0,113	35236,178	4,260
Lâmina de água (L)	2	0,381 ns	123687,007 ns	18,632 ns
Resíduo (B)	6	2,518	387162,914	5,652
S*L	4	1,5690 ns	78223,517 ns	5,238 ns
Resíduo (C)	12	0,561	78729,744	1,945
Parcelamento do N (N)	3	0,445 ns	343569,655 **	4,485 ns
S*N	6	1,989 **	102417,253 ns	5,525 *
L*N	6	0,400 ns	93980,016 ns	2,215 ns
S*L*N	12	0,581 ns	61959,249 ns	1,265 ns
Resíduo (D)	81	0,477	67422,342	2,195

\*\*, \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Tabela 16. Valores médios de massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de N nos grãos de feijão em função de preparos do solo, lâmina de água e parcelamentos da aplicação de N. Selvíria (MS), 2000.

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa de 100 grãos (g)</b>	<b>Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Teor de N nos grãos (g kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Preparo do solo</b>			
Plantio direto	23,20	2441 b	29,52
Grade pesada	24,21	2579 a	29,37
Escarificador	23,68	2500 ab	29,47
CV(%)	0,41	2,16	2,02
<b>Lâmina de água</b>			
L1	23,74	2456	28,77
L2	23,60	2507	29,64
L3	23,77	2557	29,97
CV(%)	1,58	5,60	2,37
<b>Parcelamento do N*</b>			
0+75	23,84	2651 a	29,85
25+50	23,57	2466 b	29,15
50+25	23,71	2434 b	29,20
75+0	23,70	2475 b	29,72
CV(%)	2,91	10,36	5,03
<b>DMS (Tukey) a 5%</b>			
Preparo do solo	0,21	117,59	-
Lâmina de água	-	-	-
Parcelamento do N	-	160,72	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \* Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura.

As lâminas de água estudadas, assim como os modos de parcelamento de nitrogênio não afetaram a massa de 100 grãos. LIMA et al. (1997) também verificaram que a aplicação de diferentes lâminas de água não afetaram esta característica, assim

como, CARVALHO et al. (2001) não constataram influência de diferentes parcelamentos da aplicação de N na massa de 100 grãos.

Tabela 17. Desdobramento da interação entre sistemas de preparo do solo e parcelamentos da aplicação do nitrogênio, referente à massa de 100 grãos de feijoeiro. Selvíria (MS), 2000.

Preparo do solo	Parcelamento do N*			
	0+75	25+50	50+25	75+0
Plantio direto	23,51 bAB	22,89 bAB	22,82 cB	23,58 abA
Grade pesada	24,27 aAB	23,78 aB	24,68 aA	24,13 aAB
Escarificador	23,75 abA	24,03 aA	23,62 bA	23,38 bA
DMS 5% Preparo (Nitrogênio)				0,61
DMS 5% Nitrogênio (Preparo)				0,74

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura

Na Tabela 15 nota-se que houve efeito significativo do sistema de preparo do solo e do parcelamento do nitrogênio na produtividade de grãos, já as lâminas de água aplicadas e as interações entre os fatores não afetaram significativamente essa característica.

A produtividade de grãos foi afetada pelo preparo do solo, sendo que para essa característica, o preparo com grade pesada também apresentou maior valor em relação ao plantio direto, mas não diferiu estatisticamente do preparo com escarificador, que por sua vez, não diferiu do sistema de plantio direto (Tabela 16). Essa maior produtividade, no sistema de preparo com grade pesada, é reflexo do maior número de vagens e de grãos por planta e maior massa de 100 grãos obtidos neste tratamento. O preparo do solo leva a modificações no perfil do solo, influenciando o crescimento



radicular, afetando desta forma, o desenvolvimento e a produção. Pois, sabe-se que a exploração radicular é fundamental para que a planta possa absorver água e nutrientes em maiores profundidades (SILVEIRA et al., 2001). Entretanto, diferença na profundidade de revolvimento do solo, provocada pelo escarificador em comparação com a grade pesada, nas condições irrigadas, não possibilitou ao feijoeiro uma maior produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por STONE & SILVEIRA (1999), comparando preparo do solo com grade e arado de aivecas. Assim como SILVEIRA et al. (1994) estudando a aração a 15 e a 30 cm de profundidade, em feijoeiro irrigado, também não verificaram diferença na produtividade.

SAMPAIO et al. (1989), estudando o feijão “da seca” e, SILVA et al. (1996), SILVEIRA & SILVA (1996) e KLUTHCOUSKI et al. (2000), estudando o feijão irrigado, não observaram diferenças entre os mesmos tipos de preparo, utilizados no estudo, na produtividade de grãos. ALMEIDA (2001), apesar de não ter verificado diferença significativa na produção de grãos de feijão cultivado em sistema de plantio direto ou convencional, também notou uma tendência de aumento de produtividade no sistema de preparo convencional (grade pesada + grade leve) em relação ao plantio direto. STONE & MOREIRA (2001) também obtiveram menor produtividade no sistema de plantio direto, em comparação com o sistema de preparo com grade pesada ou arado de aivecas. Segundo estes autores, o menor número de vagens por planta e massa de 100 grãos contribuiu para a obtenção de menor produtividade. SILVEIRA et al. (2001) observaram decréscimo na produtividade do feijoeiro cultivado continuamente sob o sistema de plantio direto, porém, levando-se em conta a média de seis anos, verificaram não haver diferença significativa na produtividade de grãos, entre o sistema de preparo com grade pesada e o plantio direto.

As lâminas de água aplicadas não tiveram efeito significativo sobre a produtividade. Entretanto, é importante ressaltar que nas maiores lâminas, o consumo de água e energia é maior. Assim, pode-se verificar que na lâmina 1, com a aplicação de 148,8 mm de água, via irrigação, foi obtida uma produtividade semelhante a obtida na lâmina 2 onde foi aplicado 202,7 mm de água, o que representa uma economia de água de 26,5%. Além disso, maior umidade do solo pode provocar o aparecimento de doenças e prejudicar o desenvolvimento radicular do feijoeiro (MOREIRA et al., 1988).

A produtividade de grãos foi influenciada pelo parcelamento da aplicação de nitrogênio (Tabela 16), os resultados mostraram que a aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade de grãos ( $2.651 \text{ kg ha}^{-1}$ ), esse efeito é devido, provavelmente, a maior disponibilidade do nutriente na época do florescimento da cultura, resultando assim em maior número de vagens e de grãos por planta e conseqüentemente, maior rendimento. No entanto, tal resultado discorda do obtido por URBEN FILHO et al (1980) e CARVALHO et al. (2001) que verificaram que a aplicação do nitrogênio em diferentes parcelamentos na semeadura e em cobertura não afetou a produtividade do feijoeiro. O tipo de solo e a quantidade de chuvas ocorridas durante a condução da cultura, podem interferir na resposta do feijoeiro ao parcelamento da adubação nitrogenada.

O teor de N nos grãos nos dá uma idéia do estado nutricional da planta e do teor de proteínas nos grãos. Verifica-se que essa característica foi influenciada significativamente apenas pela interação entre o sistema de preparo do solo e o parcelamento da aplicação de nitrogênio (Tabela 15).

Na Tabela 18 está apresentado o desdobramento da interação entre sistemas do solo e parcelamentos da aplicação do nitrogênio, para teor de N nos grãos. Nota-se que dentro dos parcelamentos da aplicação de nitrogênio, somente quando foram

aplicados 25 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura, houve diferença entre os sistemas de preparo do solo, com o maior valor de N nos grãos sendo proporcionado pelo sistema de preparo com escarificador, mas diferindo apenas do sistema de plantio direto. Dentro dos sistemas de preparo do solo, somente no plantio direto foi verificada diferença significativa entre os parcelamentos da aplicação de nitrogênio, com a aplicação de toda a dose em cobertura apresentando os maiores valores, porém diferindo apenas no tratamento onde foi feita a aplicação de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura. Apesar da significância estatística, os valores em todos os tratamentos ficaram bastante próximos, variando de 28,45 a 30,53 g kg<sup>-1</sup>.

Tabela 18. Desdobramento da interação entre sistemas de preparo do solo e parcelamentos de aplicação do nitrogênio, referente ao teor de N (g.kg<sup>-1</sup>) nos grãos de feijão. Selvíria (MS), 2000.

Preparo do solo	Parcelamento do N*			
	0+75	25+50	50+25	75+0
Plantio direto	30,53 aA	28,45 bB	29,13 aAB	29,99 aAB
Grade pesada	29,33 aA	28,85 abA	29,49 aA	29,82 aA
Escarificador	29,69 aA	30,12 aA	28,93 aA	29,18 aA
DMS 5% Preparo (Nitrogênio)				1,65
DMS 5% Nitrogênio (Preparo)				1,59

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições experimentais permitem concluir que:

O feijoeiro irrigado apresentou maior produtividade, quando cultivado em solo preparado com grade pesada, comparado com o sistema de plantio direto e não diferindo do preparo com escarificador.

O feijoeiro não apresentou redução de produtividade com a utilização de um Kc (coeficiente de cultura) 25% menor do que o recomendado para reposição de água na cultura.

A aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade do feijoeiro irrigado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, JA.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma de estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 115-119, 1995.

ALMEIDA, V.P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em LATOSSOLO VERMELHO sob vegetação de cerrado**. 2001. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 187-203. (Boletim técnico, 100)

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 499-508, 1998.

ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; VIZOTTO, V.J.; LEITE, G.B. KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, 1994.

ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 5, p. 442-450, 1994.

ARF, O.; FERNANDES, F.M.; JACOMINO, A.P.; BUZETTI, S. Comparação de fontes e doses de adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado no sistema de "plantio direto". **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 21-30, 1992.

ARRUDA, F.B.; TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. Efeito da temperatura média diária do ar na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 4, p. 413-417, 1980.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (coords.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 301-352.

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Aspectos agro-econômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1657-1668, 1994.

BARROS, L.C.G.; RANKS, J. Evapotranspiration and yield of beans affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 692-697, 1997.

BASCUR, B.G.; FRITSCH, F.N. Efectos de métodos y frecuências de riego sobre componentes de rendimento em frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 35, n.3, p.145-152, 1975.

BUZETTI, S.; ROMEIRO, P.J.M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; GUERREIRO NETO, G. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 11-19, 1992.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; SILVA, J.C.A.; PORTEZAN FILHO, O. Adubação nitrogenada no feijão sob estresse de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995, v.2, p. 649-651.

CARVALHO, M.A.C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria-MS**. 2000. 189p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.617-624, 2001.

CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; DE MARIA, I.C. Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P. (Ed.). **Simpósio sobre o manejo de água na agricultura**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

CAVENAGE, A.; MORAES, M.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C.; FREITAS, M.L.M.; BUZETTI, S. Alteração nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.4, p. 997-1003, 1999.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p. 263-266, 1985.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, 1985.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 703-709, 1999.

DEL PELOSO, M.J.; MORAES, E.A.; DUTRA, L.G. Efeito do parcelamento da adubação em cobertura do feijoeiro de inverno com irrigação por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., Vitória, 1990. **Resumos...** Vitória: EMBRAPA/CNPAP, 1990. p. 221.

DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira"**. Piracicaba: Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade, ESALQ/USP, 1980. p. 11-31.

DIAZ-DURAN, A.; CASTILHO, J. Quando conviene regar el frijol. **Hajas de Frigol para America Latina**, Cali, v. 15, n. 1, p. 1-2, 1983.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B.; BUENO, L.C.S.; CARVALHO, J.G. Resposta da cultura do feijão à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO



BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 3, p. 1225-1227.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.** Roma: FAO, 1988. 212p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33)

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water.** Roma: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33)

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de água de los cultivos.** Roma: FAO, 1976. 194p. (Estúdio FAO. Riego y Drainage, 124).

DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.; VICTORIA, R.L.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* L. to Rhizobium inoculation and qualitication of N<sub>2</sub> fixation using <sup>15</sup>N. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 88, p.333-343, 1985.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999. 41p.

FENANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic argiaquoll e Typic hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 329-333, 1983.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.

FERREIRA, E.C. **Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1998. 30p. Trabalho (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

FOLLE, S.M.; SEIXAS, J.M. Mecanização agrícola. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: NOBEL/Embrapa-CPAC, 1986, p. 385-408.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNESP, 1993. 221p.

FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VICENT, J.M.K., WHITNEY, J. (Eds.). **Exploiting the legume Rhizobium in tropical agriculture**. Hawaii: University of Hawaii Mis, 1977. p. 237-252.

GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 18, p. 285-295, 1960.

HOSTALÁCIO, S.; VALIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 211-218, 1984.

KATTAN, A.A.; FLEMING, J.W. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality growth and composition of snap beans. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 68, p. 329-342, 1956.

KIYUNA, I. Manual de produtos. **Informações Econômicas**, v. 29, n. 7, p. 101-103, 1999.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 395-401, 1995.

KLUTHCOUSKI, L.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

KURIHARA, C.H.; FABRÍCIO, A.C.; PITOL, C.; KICHEL, A.N.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; WIETHOLER, S. Adubação . In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org). **Sistemas de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p.135-144.

LEGARDA, L.; FORSYTHE, W. Soil water and aeration and bean production. II. Effect of soil aeration. **Turrialba**, San Jose, v.28, n.3, p.175-7, 1978.

LIMA, S.F.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. Efeito da irrigação na produção e qualidade das sementes do feijoeiro no período de inverno. **Científica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 95-105, 1997.

MACK, H.J.; VARSEVELD, G.H. Response to bush snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v. 107, n. 2, p. 286-290, 1982.

MACKEY, D.C.; EAVES, C.A. Influence of irrigation treatments on yields and on fertilization by sweet corn and snap beans. **Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 42, p. 219-228, 1962.

MAEDA, S.; MENDONÇA, A.L. **Época de semeadura**: a cultura do feijão no Mato Grosso do Sul. Dourados: EMBRAPA, 1990. p. 39-40. (Circular, 17).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; DAMIÃO FILHO, C.F.; VOLPE, C.A.; MACHADO JUNIOR, G.R.; VELHO, L.M.S.; ROSA, P.R.F.; DE LAURENTIZ, S. Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 37, n. 2, p. 701-718, 1980.

MAURER, A.P.; ORMROD, D.P.; SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, n. 3, p. 271-278, 1969.

MERTEN, G.H.; FERNANDES, F.F. Manejo de solo de baixa aptidão. In: DAROLT, M.R. (Org.) **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p. 46-64.

MIRANDA, N.O.; BELMAR, N.C. Déficit hídrico y frecuencia de riego em frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 37, n. 3, p. 111-117, 1977.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 511-519, 1963.

MOREIRA, J.A.A.; AZEVEDO, J.A.; STONE, L.F.; CAIXETA, T.J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M.I.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.) **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1988. p. 317-340.

MUZILLI, O. Outras alternativas: Desenvolvimento e produtividade das culturas. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 211-214.

NEHMI, I.M.D.; FERRAZ, J.V.; NEHMI FILHO, V.A.; SILVA, M.L.M. Feijão. In: \_\_\_\_\_. **AGRIANUAL 2001**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos, 2001. p. 329-336 (AGRIANUAL, 2001).

NESMITH, D.H. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 15, p. 183-186, 1987.

OLIVEIRA, I.P.; ARAUJO, R.S.; DUTRA, G.L. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (coords.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p.223-273.

PEDROSO, P.A.C.; CORSINI, P.C. Manejo físico do solo. In: FERREIRA, M.E., YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. **Cultura do arroz de sequeiro**: fatores afetando a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1983. p.225-238.

POMPEU, A.S.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; BORTOLETTO, N. IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatã: cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos Expandidos...** Goiânia: EMBRAPA-arroz e feijão, 1999. p. 382-3.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81).

REIS, M.S.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M. Efeitos de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 19, n. 101, p. 25-42, 1972.

RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 28, p. 451-454, 1947.

RICHARDS, L.A.; FIREMANN, M. pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.

RODRIGUES, R.A.F. **Efeitos de prepares do solo nos seus atributos físicos e nas características fenológicas e produtivas do arroz de terras altas irrigado por aspersão**. 2001. 90p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SAMPAIO, G.V.; GALVÃO, J.D.; FONTES, L.A.N.; FIGUEIREDO, M.S.; CARDOSO, A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 36, n. 208, p. 465-482, 1989.

SANTOS, A.B.; SILVA, O.F.; FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 317-327, 1997.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v. 2, n. 9, p. 4-5, 1984.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 103-106, 1983.

SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2000.

SILVA, V.A.; ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.A.P.; SALVADOR, N.; LUNKES, J.A. Efeito de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão "da seca" (*Phaseolus vulgaris* L.) em seqüência a cultura do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. p. 418-20.

SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1269-1276, 1993.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.G. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. p. 462-4.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, O.F.; STONE, L.F.; SILVA, J.G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade o feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, S.C.; SILVA, O.F.; DAMASCENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p.1243-1252, 1994.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: VIEIRA, C. PAULA JUNIOR, T.J., BORÉM, A. **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, p. 181-220, 1998.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.10, n.1, p.00-00, 2001. (No prelo).

SOUZA, Z.M. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria-MS, sob diferentes usos e manejos**. 2000. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. 2 ed. McGrawHill, New York, 1980. 633p.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta de duas cultivares de feijão a diferentes lâminas de irrigação, sob diferentes preparos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...**Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 1743-1745.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. Efeitos da tensão de água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 161-167, 1988.



STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do preparo do solo na compactação do solo e disponibilidade de água do solo e no desenvolvimento radicular e produtividade do feijoeiro irrigado por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia.

**Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. p. 459-463.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength rot penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, New York, v. 102, p. 18-22, 1966.

URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 151, p. 302-312, 1980.

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.

**ANEXOS**

Anexo 1. Dados climáticos obtidos no posto meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, em Selvíria (2000). (meses de maio e junho)

Data	maio			junho		
	Precipitação	Temperatura		Precipitação	Temperatura	
	(mm)	Máx.	Mín.	(mm)	Máx.	Mín.
1		32,9	18,8		23,0	11,6
2		33,8	18,7		26,7	17,3
3		32,8	19,6		29,8	18,1
4		33,3	20,4		30,4	17,9
5	2	33,7	17,6		31,1	16,5
6	0,25	20,7	13,4		28,8	14,0
7		25,5	13,3		29,5	13,1
8		29	15,4		30,5	13,0
9		29,2	17,3		29,4	14,4
10		28,6	15,3		30,2	13,2
11		27,2	15,4		32,1	14,1
12		28,7	17,4		31,8	14,6
13		30	15,8		32,2	13,4
14		31,2	16,5		32,1	17,8
15		31,9	16		32,1	16,5
16	1	33	17		33,1	16,9
17		25,7	11,3		31,6	15,8
18		22,1	8,7		29,3	16,3
19		22,6	9,8		21,9	14,7
20		24,8	17,1	1,2	26,0	11,7
21		25,9	12,5	0,2	19,5	6,5
22		26,8	12		24,3	9,2
23		28	11,6		28,6	14,3
24		29,5	15,1		32,9	13,8
25		31,1	16,9		33,6	16,3
26	1,7	32,8	16,7	0,2	34,3	13,9
27	21	32,2	18		30,6	17,2
28		27,1	8,8		33,1	16,8
29		26	12,3		34,2	17,3
30	2,2	27,6	14	2,5	24,8	16,6
31		24,5	15,6			

Anexo 2. Dados climáticos obtidos no posto meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, em Selvíria (2000). (meses de julho e agosto)

Data	julho			agosto		
	Precipitação.	Temperatura		Precipitação	Temperatura	
	(mm)	Máx.	Mín.	(mm)	Máx.	Mín.
1		31,0	18,6		27,2	14,5
2		33,1	17,5		30,8	15,6
3		29,7	18,2		23,5	12,5
4		28,2	15,9		26,5	12,3
5		28,2	15,3		28,1	14,3
6		29,6	16,4		32,3	15,1
7		31,0	17,1	0,25	32,4	16,3
8		32,4	18,9		34,3	14,4
9		33,7	19,5		33,3	16,3
10		32,9	16,8		30,1	15,5
11		20,0	9,0		26,2	15,2
12		14,8	3,9		22,9	11,4
13		18,9	3,8		26,3	13,7
14		24,3	10,1		33,8	19,0
15	1,27	31,5	9,2	14,5	33,6	18,4
16		19,7	3,9	1,27	30,0	18,4
17		17,8	3,2	21,3	30,7	16,3
18		23,1	12,2		28,1	16,2
19		23,1	7,1		29,1	14,0
20		19,3	5,8		33,2	15,9
21		28,3	15,3		33,2	16,7
22	24,1	32,8	11,0		32,3	17,4
23	1	14,8	5,1		34,7	16,3
24		18,8	5,9		34,2	18,6
25		22,2	8,2		37,2	17,9
26		26,9	11,0		36,4	18,6
27		27,4	14,0	24,8	35,8	17,7
28		28,6	12,1	20,3	17,5	14,3
29		30,5	11,2		19,0	15,5
30		32,4	13,9		26,0	18,3
31		32,3	16,0	22,8	31,8	18,1