EFICIÊNCIA DA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE NITROGÊNIO EM FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) QUANDO CONSORCIADO
COM MILHO (*Zea mays* L.)

SUELY MARTINELLI GUSMAN FERRAZ

Orientador: Profª Drª ELKE J.B.N. CARDOSO

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
Concentração: Microbiologia Agrícola.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1982

Ao José Maria e minha filha
Karen dedico este trabalho

Agradecimentos

À Prof.^a Dr.^a Elke J. B. N. Cardoso pela orientação na realização deste trabalho.

Ao meu companheiro e amigo José Maria Gusman Ferraz pela dedicação, compreensão e ajuda.

Ao Prof. Dr. Magno A.P. Ramalho pelos ensinamentos, incentivo e ajuda.

À Chefia do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA), por colocar à disposição a área experimental, seus laboratórios, bem como o pessoal de apoio para a realização do experimento, integrando a Universidade a esta Instituição de Pesquisa.

Ao Dr. Antonio Carlos de Oliveira pela orientação relativa à análise estatística dos dados obtidos.

Ao Dr. Jamilton Pereira dos Santos e ao Dr. Robert Schaffert pela ajuda na versão para o inglês do resumo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), através do Programa Integrado de Ensino e Pesquisa (PIEP) pela bolsa de estudo concedida durante a execução do trabalho.

Aos funcionários do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA), que colaboraram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Pesquisas envolvendo a consorciação milho-feijão no Brasil.	04
2.2. Considerações gerais sobre a simbiose <i>R. Phaseoli</i> – feijoeiro.	05
2.3. Fixação biológica do nitrogênio em cultivos associados ...	05
2.4. Excreção de nitrogênio e sombreamento no sistema consorciado.	08
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. Generalidades	10
3.2. Delineamento utilizado	11
3.2.1. Tratamentos	11
3.2.2. Detalhes das parcelas	13
3.3. Condução do experimento	13
3.3.1. Sistema de plantio	13
3.3.2. Espaçamento e densidade	14
3.3.3. Adubação e calagem	14
3.3.4. Cultivo e preparação do nódulo	14
3.3.5. Época de plantio	15
3.3.6. Tratos culturais	15
3.4. Dados obtidos	15
3.4.1. Características da análise de crescimento	15
3.4.2. Características avaliadas na colheita	16
3.5. Análise Estatística	17
4. RESULTADOS	19
4.1. Características do feijoeiro	19
4.1.1. Peso e número de nódulos	19
4.1.2. Peso seco da parte aérea	22
4.1.3. Nitrogênio total da parte aérea da planta	22
4.1.4. "Stand" final	28
4.1.5. Número de vagens por planta	28
4.1.6. Produtividade de grãos	28

	<u>Página</u>
4.2. Características do milho	32
4.2.1. "Stand" final	32
4.2.2. Índice de espigas	32
4.2.3. Peso seco e nitrogênio total na parte aérea	32
4.2.4. Peso de 100 grãos	34
4.2.5. Produtividade de grãos	34
4.2.6. Teor de proteína e proteína total nos grãos	37
4.3. Análise combinada milho-feijão	38
5. DISCUSSÃO	39
6. CONCLUSÕES	46
LITERATURA CITADA	48

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal identificar as influências que o plantio consorciado poderia ter sobre o processo de fixação biológica do nitrogênio pelo feijoeiro, além de saber qual a contribuição que a inoculação de *Rhizobium phaseoli* teria para o feijão e o milho consorciados.

Para alcançar tais objetivos foi conduzido um experimento de campo no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições, segundo um esquema fatorial $2 \times 2 \times 3 + 3$, ou seja, foram avaliadas duas cultivares de feijão: Carioca e Rio Tibagi, com e sem inoculação em três níveis de nitrogênio: 0, 20 e 40 kg/ha de N; e adicionalmente o milho em monocultivo nos três níveis de nitrogênio. Em experimento adicional foram avaliados também os mesmos tratamentos do sistema consorciado para o feijão em monocultivo. No sistema consorciado as duas culturas foram semeadas na mesma linha de plantio, na densidade de 3,3 e 13,3 plantas/metro de milho e feijão respectivamente. Para a avaliação do crescimento e da fixação do nitrogênio foram coletadas amostras periódicas das plantas de milho e feijão. Em cada amostragem foi determinado o peso seco e o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas e, o peso e número de nódulos nas raízes do feijoeiro. Por ocasião da colheita foram anotados ainda "stand" final, o número de vagens do feijão, o índice de espiga de milho e o teor de proteína nos grãos de milho e as respectivas produções de grão.

Não se verificou efeito do nitrogênio mineral na simbiose feijoeiro - *R. phaseoli*, considerado em termos da produtividade de grãos de feijão. O fei-

joeiro não apresentou resposta significativa aos níveis de N aplicados, já no milho esta resposta foi linear e, a cada quilo de N mineral adicionado, houve um incremento na produção de grãos de 47 e 49 kg para o cultivo associado com o feijoeiro inoculado e não inoculado, respectivamente.

Houve resposta significativa à inoculação do feijoeiro, incrementando sua produção de grãos nos dois sistemas de cultivo. Ocorreu interação significativa entre a inoculação e a cultivar de feijão, sendo que para a cultivar Carioca, quando inoculada, o incremento na produtividade de grãos foi de 72% e 25% para o monocultivo e cultivo associado, respectivamente. Este efeito de inoculação não foi significativo para a cultivar Rio Tibagi. Apesar da eficiência da inoculação no feijoeiro, não se verificou efeito do nitrogênio fixado pela leguminosa no desempenho do milho consorciado.

Os resultados apresentados e discutidos neste trabalho, estando de acordo com muitos outros autores, mostraram que o cultivo associado milho-feijão é uma prática que contribui para uma maior produção de alimentos por área que os respectivos monocultivos, evidenciando a importância de mais estudos da fixação simbiótica do nitrogênio neste sistema de cultivo para incrementar sua eficiência.

SUMMARY

The principal objectives of this research were to identify the influences of the interplanting of beans and maize on the biological fixation of nitrogen by the beans and to study the effect of inoculation with *Rhizobium phaseoli* on both the beans and maize in the system.

A 2x2x3+3 factorial experiment with three controls and two replications in a randomized complete block design was conducted at the National Maize and Sorghum Research Center of EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária at Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil in the agricultural year 1981/82. The factorial was: two bean varieties, Carioca and Rio Tibagi, in intercropping with the maize variety with and without inoculation, and with three levels of nitrogen fertilization, zero, 20 and 40 kg/ha of N, and the maize variety in monoculture with the three levels of N. An additional experiment was conducted to study the same treatments in bean monoculture. The intercropping system consisted of a corn plant every 0,30m with 4 bean plants between the maize plants in the same row, with a row spacing of 1,0 m. The monoculture of beans was two plants every 0,15 m in rows 0,50 m apart, the monoculture of maize was one plant every 0,30 m in rows 1,0 m apart. Samples of beans and maize were collected periodically to determine both growth rate and nitrogen fixation. At each period top weight and nitrogen content were determined for maize and beans and the weight and number of nodules on the bean roots. At harvest, final stand, number of pods and number of ears per plant, grain weight and protein content of the

maize grain were determined.

No effect of nitrogen fertilizer was observed on the symbiotic nitrogen fixation for grain production in beans. No significant effect was observed on the bean production for N fertilizer but a linear response was observed for the maize with an additional production of 47 and 49 kg/ha of maize grain for each kg of N fertilizer applied for the inoculated and non inoculated treatments respectively.

A significant response to inoculation was observed on the bean production in both the intercropping and the monoculture systems. The production of the variety Carioca increased 72% in the monoculture system and 25% in the intercropping with inoculation, whereas no significant effect was observed for the variety Rio Tibagi. No effect of inoculation of the beans was observed for the maize in the intercropping.

These results are similar to other studies indicating the beneficial effect of intercropping maize and beans, as compared to the monoculture system of each crop. Additional studies for symbiotic N fixation in bean and maize intercropping should be made to improve its efficiency.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte da produção de milho e feijão é proveniente de cultivos associados. Apesar de ser um sistema amplamente utilizado pelos agricultores, só recentemente é que as pesquisas têm sido intensificadas, no sentido de gerar tecnologia para este sistema de cultivo. Resultados de pesquisas desenvolvidas em pequenas áreas têm mostrado que, via de regra, o sistema consorciado proporciona maior retorno e menor risco que os respectivos monocultivos (FARDIM, 1977; FISHER, 1979; AIDAR e VIEIRA, 1979; SOUZA FILHO e ANDRADE, 1982; RAMALHO et al, 1982).

Os trabalhos envolvendo a consorciação milho-feijão relatados na literatura, enfocam vários aspectos como por exemplo: arranjo e espaçamento das duas culturas (SANTA CECÍLIA e VIEIRA, 1978; AIDAR et al, 1979; SILVA, 1982), adubação (SOUZA FILHO e ANDRADE, 1982; RAMALHO et al, 1982), mecanização (PORTES et al, 1982; RAMALHO et al, 1982), recomendação de cultivares (SANTA CECÍLIA, 1977; SILVA, 1980; CASTRO e CARVALHO, 1982; CANDAL NETO et al, 1982). Um dos aspectos que tem sido relativamente pouco explorado é o possível efeito deste sistema de cultivo na fixação de nitrogênio pela leguminosa e sobretudo quais seriam as vantagens da simbiose no desenvolvimento do milho consorciado.

Neste último aspecto, recentemente ROCHA e PEREIRA (1982), avaliaram a nodulação do feijão semeado entre as linhas do milho, após a sua maturação fisiológica, e verificaram que a consorciação proporcionou um microclima mais propício a sobrevivência e eficiência do *Rhizobium*. Em trabalho condu-

zido no CIAT, envolvendo a semeadura simultânea das duas culturas, foi verificado que este sistema não afetou a fixação do nitrogênio e que as cultivares de hábito de crescimento indeterminado e trepadoras (Tipo IV) foram mais eficientes que as arbustivas.

Considerando a importância da melhoria na eficiência da fixação do nitrogênio pelo feijão para incrementar as vantagens da consorciação, este trabalho de pesquisa se propôs a alcançar alguns objetivos principais, descritos a seguir: verificar qual o efeito da associação milho x feijão na nodulação do feijoeiro e na produção de ambas as culturas, bem como, quantificar o possível efeito da fixação do nitrogênio pela bactéria em simbiose com o feijão, em suprir as necessidades desse fertilizante para o milho; procurou-se, ainda, identificar fatores que poderiam alterar a eficiência da fixação do N_2 no feijoeiro, tais como, nível de nitrogênio adicionado, inoculação de *Rhizobium phaseoli*, e cultivar de feijão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A consorciação pode ser definida como o cultivo de duas (ou mais) culturas simultaneamente na mesma área de plantio. Segundo este conceito não há necessidade de serem semeadas ao mesmo tempo e a época de colheita pode não coincidir, mas são simultâneas grande parte de seu período de crescimento (WILLEY, 1979). Frequentemente são utilizadas denominações especiais para determinadas situações que envolvem a semeadura de duas culturas numa mesma área (FRANCIS, 1981), contudo no Brasil, a denominação de consorciação ou associação de culturas é utilizada independente da situação envolvida. É também normalmente empregada a denominação de monocultivo ao cultivo das culturas isoladamente.

No Brasil a consorciação de culturas é uma prática amplamente utilizada pelos agricultores, especialmente a consorciação milho-feijão. Esta consorciação é realizada de diferentes modos, os quais podem ser agrupados em três categorias (RAMALHO et al, 1982): a) semeadura do feijão antes do milho; b) semeadura simultânea das duas culturas; c) semeadura do feijão após a maturação fisiológica do milho. No entanto, em cada um desses sistemas são utilizados os mais diferentes arranjos das duas culturas.

A ampla utilização da consorciação pelos agricultores é devida a uma série de vantagens, que têm sido comprovadas em inúmeros trabalhos de pesquisa, tais como: a) maior produção de alimentos por área e maior lucro (MORENO et al 1973; LEPIZ, 1974; FARDIM, 1977; LAING, 1978; FISHER, 1979; AIDAR e VIEIRA, 1979; SOUZA FILHO e ANDRADE, 1982; PORTES et al, 1982;

CASTRO et al, 1982); b) maior estabilidade de produção (FRANCIS e SANDERS, 1978; WILLEY, 1979; FISHER, 1979); c) menor incidência de pragas (NICOL, 1935; ALTIERI, 1978; KASS, 1978; AIDAR et al, 1982); d) melhor proteção do solo contra a erosão (FRANCIS, 1978); e) maior fixação do homem no campo.

2.1. Pesquisas envolvendo a consorciação milho-feijão no Brasil

Ao que tudo indica a consorciação milho-feijão é empregada desde o início do cultivo destas duas culturas no Brasil. Apesar deste longo tempo de uso pelos agricultores e da importância desta prática, foi apenas a partir da última década que se intensificaram os estudos envolvendo a consorciação destas duas culturas. As pesquisas realizadas pelas diferentes instituições têm focado vários aspectos, principalmente visando atender as exigências regionais.

A identificação de arranjo das duas culturas, de modo a obter a maior eficiência dos sistemas, tem sido a ênfase principal dos trabalhos de pesquisa (ANDRADE et al, 1974; SANTA CECÍLIA e VIEIRA, 1978; AIDAR et al, 1979; EMBRAPA 1980; PAULA LIMA e VIEIRA, 1982; KRANS e GERADE, 1982).

Um outro aspecto que tem merecido grande atenção é a identificação de cultivares para o sistema consorciado, procurando principalmente verificar se o comportamento das cultivares, tanto de milho como de feijão, é independente do sistema de cultivo (SANTA CECÍLIA e VIEIRA, 1978; BEZERRA NETO, 1978; SILVA, 1980; CASTRO e CARVALHO, 1982; EMBRAPA, 1981; MIRANDA et al, 1982; CANDAL NETO et al, 1982; SANTA CECÍLIA e RAMALHO, 1982).

No que se refere a recomendação de fertilizantes as informações disponíveis são ainda restritas, e não existem dados conclusivos que permitam assegurar que as recomendações existentes de fertilizantes para o monocultivo podem ser empregadas para a consorciação. Em trabalho conduzido em algumas localidades do Estado de Minas Gerais envolvendo níveis de nitrogênio e fósforo, SANTA CECÍLIA et al, 1982, verificaram que o efeito do fertilizante variou com o sistema de cultivo consorciado utilizado. Neste trabalho foi salientada também a necessidade de pesquisas regionais para recomendação de como adubar eficientemente o milho e feijão consorciados.

Um outro aspecto, que apesar de muito importante tem sido pouco pesquisado, é o comportamento da atividade de fixação simbiótica do nitrogênio pela leguminosa quando em consorciação com a gramínea. Como este assunto é pertinente ao objetivo principal deste trabalho, esta revisão dá maior ênfase aos estudos envolvendo este aspecto.

2.2. Considerações gerais sobre a simbiose *R. phaseoli* - feijoeiro

Uma das principais características das plantas leguminosas é sua capacidade em se associar com bactérias do genero *Rhizobium*. Esta simbiose é capaz de suprir parte e em muitos casos a totalidade do nitrogênio necessário ao desenvolvimento da leguminosa, ocasionando uma redução considerável nos insumos de fertilizantes nitrogenados. Infelizmente, o feijão (*Phaseolus vulgaris*) é uma das poucas leguminosas que atualmente não conseguem suprir suas necessidades de nitrogênio através da simbiose com o *Rhizobium*, apesar da realização da intensiva pesquisa a este respeito (WESTERMANN et al, 1981; PEREIRA, 1982). No Brasil a inoculação do feijoeiro não é prática usual. No entanto, muitos resultados positivos de inoculação têm sido relatados por vários pesquisadores (RUSCHEL et al, 1966; RUSCHEL e RUSCHEL, 1975; SAITO e CARDOSO 1977, SAITO e RUSCHEL, 1978; RUSCHEL et al, 1979; FRANCO e DAY, 1980). Pesquisas neste sentido têm sido incrementadas em nossas condições, visando alcançar maiores produtividades do feijoeiro e também reduzir os gastos com adubos nitrogenados. Estes resultados só serão possíveis a partir de um melhor entendimento da interação *R. phaseoli* - feijoeiro, que tem sido o objetivo de muitos trabalhos de pesquisa desenvolvidos no Brasil.

2.3. Fixação biológica do nitrogênio em cultivos associados

Estudos desenvolvidos no Centro Internacional da Agricultura Tropical (CIAT)- Colômbia, têm sugerido que as pesquisas relacionando a fixação biológica do nitrogênio no sistema consorciado milho e feijão são bastante promissoras. Estes trabalhos revelam que a simbiose com *Rhizobium phaseoli* é mais favorecida por cultivares de feijão de hábito de crescimen

to indeterminado do que os determinados. Apesar da competição por luz e nutrientes limitar a associação milho e feijão trepador, isto normalmente não ocorre durante o período ativo de fixação do nitrogênio. Nos estágios iniciais, a fixação do nitrogênio foi maior no feijão indeterminado consorciado que no monocultivo. Isto, provavelmente, devido a melhor aeração do solo e controle da temperatura no cultivo associado. Entretanto, de modo geral, existe uma pequena redução da fixação do nitrogênio quando milho e feijão estão consorciados (CIAT, 1976 e 1977).

Pesquisas feitas com feijão em monocultivo já indicaram que o hábito de crescimento está relacionado com o seu potencial para a fixação biológica do nitrogênio. Inclusive, ganhos de 25-30 (GRAHAM e ROSAS, 1977) ou até 41 kg de N fixado/ha/ciclo de cultivo (CIAT, 1976) são estimados para a cultivar indeterminada. É sabido que cultivares arbustivas assimilam mais nitrogênio do solo em estágios que precedem a fixação do que os trepadores. Esta rápida absorção de nitrogênio atrasaria a formação de nódulos nas raízes (CIAT, 1976). Os autores explicam que isto poderia refletir uma seleção feita pelos fitomelhoristas, já que os arbustivos são normalmente crescidos em monocultivo com mais fertilizantes que os trepadores. Consequentemente, talvez a seleção de planta para um maior enraizamento propiciaria uma acentuada competição por energia com o estabelecimento dos nódulos.

O desenvolvimento nodular e sua eficiência parecem realmente influenciados pelo consórcio. A redução do número de nódulos por planta, peso de nódulos e a atividade nodular específica foram evidentes em soja consorciada com sorgo de porte alto. No entanto, na consorciação com sorgo anão, a soja fixou 2,64 vezes mais nitrogênio que em monocultivo. Isto em consequência de um aumento no número de nódulos por planta e da atividade nodular específica (WAHUA e MILLER, 1978). Os autores usam várias hipóteses para explicar estes resultados. Uma delas é que a excreção de substâncias biologicamente ativas estimulariam a fixação de nitrogênio pela soja. Este fato não é aceito por DALAL (1974), uma vez que substâncias inibidoras poderiam ser a causa da ineficiência de nódulos de guandu associado ao milho. Também, devido ao tutoramento da soja no sorgo consorciado, haveria um incremento na penetração de luz, e consequentemente aumento de assimilação de compostos carbonados. Com isto, a nodulação e a fixação do nitrogê-

nio seriam estimuladas. Comparando os sistemas consorciado e o monocultivo, ROCHA e PEREIRA (1982) verificaram uma maior nodulação e permanência dos nódulos em feijão consorciado. Os autores relacionaram a queda precoce dos nódulos em monocultivo com temperaturas mais elevadas do solo, que chegaram a ser 5°C a mais neste sistema de cultivo.

WAHUA e MILLER (1978) explicam que a maior fixação do nitrogênio em soja consorciada poderia resultar da absorção de nitratos pelas raízes de sorgo, reduzindo sua concentração para a soja. Esta mesma observação é feita por WILLEY (1979) para explicar um aumento no número e peso de nódulos em soja consorciada com milho. O cereal esgotaria o nitrogênio do solo e assim estimularia a fixação do nitrogênio. Dados obtidos para leguminosas em monocultivo confirmam que o nitrogênio mineral inibe o processo de fixação simbiótica (RUSCHEL e REUSZER, 1973; GUSS e DOBEREINER, 1972; WESTERMANN et al, 1981).

Todos estes estudos, no entanto, só têm sentido quando estirpes de *Rhizobium* eficientes mantêm simbiose com a leguminosa consorciada. Pesquisas com este objetivo são escassas no sistema de plantio consorciado. Trabalhos como os de GRAHAM e ROSAS (1977 e 1978) desenvolvidos no CIAT, foram conduzidos utilizando a inoculação do feijoeiro consorciado. Em ambos, o objetivo principal foi verificar o efeito do hábito de crescimento do feijoeiro sobre a fixação do nitrogênio, quando consorciado ou não com milho.

Em monocultivo, por exemplo, a nodulação não afetou a produção do feijoeiro (ALMEIDA et al, 1973). No entanto, ganhos de até 20% com a inoculação tem sido relatados (CIAT, 1975). A inoculação aumentou o peso e o teor de nitrogênio das sementes em diferentes cultivares de feijão (RUSCHEL et al, 1979). Todavia, o desenvolvimento nodular pode ser controlado pela cultivar de feijão durante o crescimento da planta (RUSCHEL e RUSCHEL, 1975). Além do mais, uma diminuição no número de nódulos pode ser compensada por um maior tamanho deles, dependendo das condições de cultivo do feijoeiro (SAITO e RUSCHEL, 1978).

Um outro ponto discutível é a introdução de estirpes de *R. phaseoli* selecionadas para uma melhor eficiência na fixação do nitrogênio

em feijão. Estudos desenvolvidos por SAITO e RUSCHEL (1980) mostram que uma nodulação tardia indica a presença de estirpes nativas no solo, menos competitivas que as inoculadas. Foi verificado que a inoculação feita combinando estirpes é mais eficiente que a introdução de estirpes isoladas. Os autores concluem que a habilidade de uma estirpe em fixar o nitrogênio nem sempre é correlacionada com sua capacidade competitiva para nodular. O que não se pode excluir é a possibilidade de que estirpes nativas sejam eficientes, e que a inoculação com estirpes selecionadas com pouca capacidade competitiva são uma das causas principais do pouco crédito dado ao uso de inoculantes no feijoeiro (SAITO e RUSCHEL, 1978; PEREIRA, 1982).

2.4. Excreção de nitrogênio e sombreamento no sistema consorciado

Além do nitrogênio fixado simbioticamente em suas raízes, é considerada a possibilidade de transferência do nitrogênio fixado da leguminosa para a não leguminosa associada. Isto é particularmente importante em clima quente, onde a decomposição de raízes ou excreção de substâncias é um processo mais acelerado, beneficiando dentro do período de crescimento a cultura associada (NICOL, 1935). Acredita-se que sob certas condições ambientais, nem todo o nitrogênio fixado pela leguminosa seria utilizado, havendo um acúmulo de compostos nitrogenados nos nódulos. A proximidade com outras raízes faria com que parte deste excesso de nitrogênio pudesse ser excretado (WILSON e WYSS, 1937). MISRA e MISRA (1975) também acreditam que a leguminosa poderia modificar a disponibilidade de nutrientes beneficiando o cereal associado. Em estudos desenvolvidos por AGBOOLA e FAYEMI (1972), houve algum ganho em nitrogênio quando o milho foi cultivado em associação com *Phaseolus aureus*, em consequência de excreção pela leguminosa ou decomposição de suas raízes e nódulos.

Parece que a excreção está particularmente relacionada com sombreamento (WILSON e WYSS, 1937). No entanto, este efeito somente se torna evidente após crescimento sob condições de alta luminosidade. É claro, pois um sombreamento contínuo prejudicaria a fixação do nitrogênio pela leguminosa (WILLEY, 1979).

Estas suposições são consideradas por WAHUA e MILLER (1978),

pesquisando a consorciação sorgo e soja. Os autores acreditam que o sombreamento pode ter sido a causa de um acúmulo de nitrogênio nas folhas de sorgo (porte anão) consorciado, já que isto não foi verificado em outra cultivar de porte alto. Mas não se obteve nenhuma evidência de que o sorgo ganhou nitrogênio da soja associada. Houve um incremento no teor de proteína no grão em sorgo anão consorciado, mas segundo os pesquisadores, isto se deve a redução no número de grãos por planta (efeito do sombreamento) e nao devido a uma transferência de nitrogênio da soja. FISHER (1979), acredita que a competição nas raízes é mais responsável pela redução na produção de feijão consorciado com o milho do que o sombreamento. No entanto, AHMED e GUNASENA (1979) utilizam o sombreamento para explicar uma redução na produção das leguminosas consorciadas com milho, em altos níveis de nitrogênio. Esta afirmativa pode não estar correta pois, muitos pesquisadores comprovam que níveis altos de adubação nitrogenada inibem o processo de fixação biológica do nitrogênio e diminuem a produtividade da leguminosa (GUSS e DOBEREINER, 1972; RUSCHEL et al, 1979; WESTERMANN et al, 1981).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Generalidades

Este experimento foi instalado nos dias 3 e 4 de novembro/81 em Sete Lagoas, Minas Gerais, em área do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.

O experimento foi conduzido em um solo sob vegetação de cerrado (Latossol Vermelho Escuro), cultivado anteriormente por alguns anos com a cultura do milho. A análise química inicial do solo encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1. Análise química inicial em solo sob vegetação de cerrado, utilizado para o plantio de milho e feijão nos sistemas consorciado e em monocultivo. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/82.

pH em água	Al eq.mg/100cc	Ca eq.mg/100cc	Mg eq.mg/100cc	K ppm	P ppm	M.O. %	N Total %
4,9	0,40	2,52	0,47	90	10	3,88	0,19

Os dados climáticos durante a execução do experimento, obtidos a uma distância aproximada de um quilômetro, estão apresentados na Tabela 2.

Toda a área experimental foi arada e gradeada por ocasião do plantio. A adubação e calagem foram feitas baseando-se na análise do solo e nas sugestões apresentadas pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

3.2. Delineamento utilizado

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, segundo o esquema fatorial $2 \times 3 \times 2 + 3$ em duas repetições. Os tratamentos incluíram: duas cultivares de feijão, três níveis de nitrogênio, a inoculação ou não do feijoeiro com *Rhizobium phaseoli*, e o monocultivo do milho nos três níveis de nitrogênio.

Em um experimento adicional, situado próximo ao consorciado, foram avaliadas as duas cultivares de feijão, os mesmos três níveis de nitrogênio e a presença ou não de inoculação, para o feijão em monocultivo. Neste caso, o delineamento também foi o de blocos casualizados, com duas repetições, segundo um esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$.

3.2.1. Tratamentos

Cultivar de Feijão

Foram avaliadas duas cultivares de feijão: Rio Tibagi, cultivar de feijão preto, com boa adaptação às condições de Sete Lagoas e hábito de crescimento indeterminado, porém não trepador (Tipo II); Carioca, feijão de cor creme com estria marrons, hábito de crescimento indeterminado e guia longa (Tipo III).

Inóculo

Foi utilizada uma mistura de três estirpes de *R. phaseoli*, de comprovada eficiência no feijoeiro e de grande capacidade competitiva com linhagens nativas presentes no solo. As estirpes utilizadas foram as seguintes: SEMIA 403, C-05 e DF-14, procedentes do Rio Grande do Sul, da Seção de Microbiologia do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-Piracicaba (CENA), e do Departamento de Fitopatologia e Microbiologia do So

TABELA 2. Variação da temperatura e a precipitação pluviométrica acumulada a cada dez dias no campo cerrado do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - Sete Lagoas) a partir de Novembro/81 até abril/82.

Período(dias)	Mês	Temp. Extremas (0°C)		Prec. (mm)	Período(dias)	Mês	Temp. Extremas (0°C)		Prec. (mm)
		Máxima	Mínima				Máxima	Mínima	
01-10	11	27,1	18,1	113,2	01-10	02	29,5	17,7	5,1
11-20	11	25,5	18,2	198,0	11-20	02	31,2	16,5	0,0
21-30	11	31,0	19,0	154,0	21-28	02	31,9	18,1	26,3
01-10	12	28,4	18,4	109,1	01-10	03	27,2	18,7	200,1
11-20	12	27,5	18,0	66,2	11-20	03	29,6	18,9	108,4
21-31	12	29,5	17,8	169,2	21-31	03	28,5	18,3	64,8
01-10	01	26,5	17,9	80,4	01-10	04	30,0	16,8	0,0
11-20	01	28,6	18,3	48,1	11-20	04	26,7	16,1	61,6
21-31	01	26,7	17,6	183,2	21-30	04	25,5	12,8	0,0

lo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba, respectivamente.

Níveis de Nitrogênio

Foram avaliados três níveis de nitrogênio: 0, 20 e 40 kg/ha. Esta diferenciação foi feita na adubação de cobertura, uma vez que no plantio todos os tratamentos receberam o equivalente a 20 kg de N/ha.

3.2.2. Detalhes das Parcelas

Na consorciação, cada parcela foi constituída por 8 linhas de 7,0 metros, perfazendo uma área de 56,0 m². Como área útil foram consideradas as duas linhas centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade (área útil = 10 m²). Dentro da área útil foram anotados os dados referentes à colheita do milho e feijão, conforme descrito no item 3.4.2. da página 16. Aquelas linhas de cultivo vizinhas à área útil foram utilizadas para retirar amostras periódicas da parte aérea do milho e feijão, e raízes do feijoeiro, conforme descrito no item 3.4.1. da página 15.

Para o monocultivo do milho, o tamanho da parcela, espaçamento e a coleta de dados na parcela seguem a mesma descrição do milho associado. No entanto, no caso do feijão, a parcela foi constituída por 8 linhas de 7,0 metros, perfazendo uma área total de 28,0 m² e a área útil as duas linhas centrais, também eliminando um metro em cada extremidade (área útil = 5,0 m²). As avaliações feitas durante o cultivo das plantas e na época da colheita se processaram de modo idêntico ao feijão em consorciação, e estão descritas no item 3.4. da página 15.

3.3. Condução do Experimento

3.3.1. Sistemas de plantio

O milho e o feijão foram cultivados nos sistemas consorciado e em monocultivo. No sistema consorciado, o feijão e o milho foram semeados simultaneamente, na mesma linha. Foi utilizada uma cultivar de milho híbrido duplo, Cargill 111.

3.3.2. Espaçamento e Densidade

O espaçamento do milho foi de 1,0 metro tanto no sistema consorciado como no monocultivo, sendo colocadas duas sementes a cada 30 centímetros, deixando após o desbaste uma planta por cova, perfazendo uma população de 33.000 plantas/ha. No plantio consorciado, o feijão foi semeado dentro da linha do milho sendo colocadas 4 sementes a cada 15 centímetros, entre as covas de milho, deixando-se após o desbaste duas plantas por cova, correspondendo a uma população de 133.000 plantas/ha.

Para o feijão em monocultivo, o espaçamento foi de 0,5 metros, mantendo-se o mesmo número de plantas na linha, correspondendo a uma população de 266.000 plantas/ha.

3.3.3. Adubação e Calagem

A calagem foi realizada em toda área experimental sendo aplicado o equivalente a 2,4 ton/ha de calcário dolomítico. Quarenta e dois dias após a calagem, no momento da semeadura, procedeu-se à adubação utilizando-se o equivalente a 60 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de K_2O , tendo como fonte de P_2O_5 o super simples e de K_2O , o cloreto de potássio. A adubação de plantio incluiu também o sulfato de zinco (20 kg/ha) e o molibdato de sódio (12,9 g/ha de Mo). O nitrogênio foi aplicado o equivalente a 20 kg/ha no plantio, em todos os tratamentos. A fonte de nitrogênio foi o nitrocálcio.

A adubação foi feita no sulco de plantio, havendo o cuidado de misturar bem os nutrientes com a terra, evitando deste modo o seu direto contato com as sementes. Aos 37 dias após o plantio foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura, havendo então a diferenciação em três níveis de nitrogênio.

3.3.4. Cultivo e Preparação do Inóculo

As três estirpes de *Rhizobium phaseoli* foram crescidas, em separado, em meio de cultura segundo VINCENT (1970). Após crescimento abundante em meio sólido, cada inóculo foi transferido para meio líquido e dei

xado sob agitação por um período de 72 horas. Procedeu-se então a mistura das três estirpes, e para cada 30 sementes foi utilizado 1 ml de inóculo, em seguida procedeu-se a peletização com carbonato de cálcio.

Foi feita uma estimativa do número de células bacterianas na mistura final das três estirpes. Para isso, efetuou-se a contagem em hemacitômetro (1/10 mm de profundidade), do que resultou uma média de $39,6 \times 10^6$ bactérias/ml. Foi feita imobilização das bactérias antes do exame microscópico através de um aquecimento a 60°C por 15 minutos, conforme técnica recomendada por VINCENT (1970).

3.3.5. Época de Plantio

A semeadura foi efetuada nos dias 3 e 4 de novembro/81, e a germinação ocorreu após 4 e 6 dias para o feijão e milho, respectivamente. Durante a semeadura teve-se o cuidado para efetuar o plantio primeiramente das sementes não inoculadas, para que o simples manuseio não transferisse inóculo para o tratamento sem inoculação.

3.3.6. Tratos Culturais

O desbaste foi realizado 25 dias após o plantio. Foram realizados quatro cultivos durante o decorrer da experimentação, a fim de evitar a competição de plantas invasoras com as culturas em estudo.

Durante o cultivo das plantas verificou-se o ataque de *Spodoptera frugiperda* no milho e a incidência de Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) no feijoeiro. O controle foi realizado com duas aplicações de Diazinon e uma de Maneb, para a Lagarta do Cartucho e Antracnose, respectivamente.

3.4. Dados Obtidos

3.4.1. Características da Análise de Crescimento

Aos 30, 36, 42, 48, 56 e 69 dias após a semeadura foram reti

radas amostras das culturas no campo para a determinação da matéria seca, seu teor em nitrogênio e a contagem e peso de nódulos. Em cada amostragem foram colhidas, nas linhas vizinhas da bordadura, quatro plantas de milho e seis de feijão. Somente a parte aérea das plantas foi considerada para as análises químicas e peso seco.

No laboratório, as amostras eram mantidas em estufa ventilada a 70°C até peso constante, para a obtenção do peso seco. Após a moagem e homogeneização do material, procedia-se a análise de nitrogênio pelo método de Kjeldahl.

Em três das seis plantas de feijão amostradas para determinação de peso seco e teor em nitrogênio, era avaliado também o sistema radicular. Para isso, o sistema radicular era retirado cuidadosamente do solo, os nódulos destas plantas eram destacados das raízes, contados e deixados em estufa ventilada a 70°C até peso constante, para a obtenção do peso da matéria seca.

3.4.2. Características avaliadas na colheita

A colheita do feijão foi realizada no período de 20 à 25/01/82, sendo a cultivar Rio Tibagi mais tardia que a Carioca. Para cada cultivar de feijão as seguintes informações foram consideradas: "Stand" final, número de vagens por planta e a produção de grãos com 13% de umidade. Por ocasião da colheita, as plantas e vagens do feijoeiro foram contadas em cada parcela. Após a debulha das vagens, amostras de sementes foram utilizadas para determinação do teor de umidade. Neste caso, com 24 horas em estufa a 105°C, o peso seco foi comparado ao peso úmido e por diferença foi calculada a umidade das sementes.

A colheita do milho foi realizada no dia 19/04/82 e os seguintes dados foram considerados: "Stand" final, índice de espigas (número de espigas/planta), peso médio de 1000 grãos e a produção de grãos com 15,5% de umidade. O teor de umidade nos grãos de milho foi estimado pelo método de umidade universal. Foi feita ainda a determinação do teor de proteína bruta nos grãos de milho após secagem do material em estufa ventilada a 55°C até peso constante.

3.5. Análise Estatística

Procedeu-se a análise estatística dos dados obtidos de acordo com o delineamento experimental descrito no item 3.2. da página 11.

As características analisadas foram aquelas obtidas por ocasião da colheita das duas culturas e o peso e número de nódulos do feijoeiro aos 42 dias após a semeadura. Os demais dados obtidos como o peso seco e nitrogênio total na parte aérea das plantas, e peso e número de nódulos em outras amostragens durante o cultivo do feijoeiro, não foram incluídos nas análises estatísticas, verificando-se unicamente a tendência dos dados através de uma representação gráfica (figuras 1 a 7 e 9).

Para os dados obtidos procedeu-se a análise da variância, incluindo o teste de F e o coeficiente de variação em cada uma das características avaliadas, seguindo orientação de PIMENTEL GOMES (1981).

No milho, além das avaliações feitas para os tratamentos em consorciação, as análises da variância incluem também os tratamentos do monocultivo e a comparação consórcio versus monocultivo, onde cada característica pode ser testada nos dois sistemas de cultivo, uma vez que eles constituem um único experimento ocupando uma mesma área de plantio. Assim, fazem parte deste esquema de análises aquelas características descritas na Tabela 6. Já a avaliação feita para as características do feijão foi efetuada separadamente para a consorciação e o monocultivo, pois são dois experimentos distintos.

Todas as análises foram sempre acompanhadas de uma Tabela contendo os resultados médios de cada característica para os diferentes tratamentos, possibilitando uma melhor visualização das diferenças existentes entre os tratamentos.

Para a análise combinada do milho e feijão foi feita uma estimativa da produção equivalente, onde a produtividade das duas culturas é comparada pela seguinte expressão:

$$\text{Produção equivalente} = \text{Rend. de milho} + m. \text{Rend. de feijão}$$

onde:

$$\text{Rend. de milho} = \text{Produção (kg) do milho na área útil da parcela.}$$

Rend. de feijão = produção (kg) do feijão na área útil da parcela

$$m = \frac{\text{Preço de mercado do feijão}}{\text{Preço de mercado do milho}}$$

Considerando-se $m = 4$, relação média de preço destas duas culturas nos últimos 10 anos (BRASIL, Fundação Getúlio Vargas, 1980), foi estimada a produção equivalente por parcela e procedida a análise da variância. Estes dados se encontram nas Tabelas 6 e 7, juntamente com as demais características avaliadas para o milho.

4. RESULTADOS

Para facilitar a apresentação dos resultados, os dados referentes ao feijão e milho serão apresentados isoladamente, sendo posteriormente apresentados os resultados referentes à análise combinada.

4.1. Características do Feijoeiro

4.1.1. Peso e Número de Nódulos

O resumo das análises da variância para o peso e número de nódulos obtidos para o feijoeiro em monocultivo e em consorciação com o milho, avaliação realizada aos 42 dias após a semeadura, estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que o coeficiente de variação (C.V.) foi elevado em ambos os experimentos e para as duas características, especialmente o peso. Deve ser salientado que Coeficientes de Variação desta magnitude são comuns em experimentos desta natureza. Constatou-se efeito altamente significativo para a inoculação com o *Rhizobium phaseoli* em monocultivo e consorciação, tanto para o peso como para o número de nódulos. Só ocorreu diferença significativa entre as cultivares, para o número de nódulos no ensaio em consorciação. O teste F não apresentou efeito significativo para os níveis de nitrogênio e as interações.

Constata-se pela Figura 1, que tanto para o peso seco como para o número de nódulos, ocorreu um acréscimo até os 36 dias após a semeadura e a partir daí um decréscimo acentuado. Para ambas as características dos nódulos a sua expressão foi maior em consorciação do que em monocultivo.

A inoculação contribuiu para um incremento no peso seco do nódulo, tanto na cultivar Rio Tibagi (Fig. 2A) como na cultivar Carioca (Fig. 2B). Deve ser salientado contudo, que na cultivar Carioca o peso seco de nódulos manteve-se elevado por um período maior do que na cultivar Rio Tibagi. Com relação ao número de nódulos, ocorreu fato semelhante, porém, a cultivar Carioca apresentou um maior número de nódulos especialmente de 30 a 48 dias após a semeadura. Comparando as Figuras 2A e 2B com 2C

Figura 1: Médias do número (A) e peso de nódulos (B) nos diferentes períodos de avaliação. Dados obtidos para o feijoeiro em monocultivo e em consórcio com o milho. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/1982.

Figura 2: Resultados médios de número e peso de nódulos com e sem inoculação de *R. phaseoli*, nos diferentes períodos de avaliação. Dados obtidos para o feijoeiro em monocultivo e em consorciação com milho: peso seco de nódulos/planta na cultivar Rio Tibagi (A) e cultivar Carioca (B); número de nódulos/planta na cultivar Rio Tibagi (C) e cultivar Carioca (D). Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/1982

e 2D evidencia-se que os nódulos da cultivar Rio Tibagi foram maiores do que o observado na cultivar Carioca, já que o peso seco total dos nódulos por planta foi semelhante nas duas cultivares, porém, o número de nódulos foi maior na cultivar Carioca. Nota-se, também, que independente da cultivar e da presença do inóculo, foi maior tanto o peso como o número de nódulos no feijão consorciado (Fig. 2).

Na Figura 3A e B, estão apresentados o peso médio dos nódulos por planta, nos diferentes períodos após a semeadura, em função do nível de nitrogênio aplicado em cobertura. Constata-se que houve uma tendência, tanto em monocultivo como em consorciação, de ocorrer decréscimo na massa nodular nos tratamentos que receberam nitrogênio. Estas diferenças, porém, não foram estatisticamente significantes nas análises efetuadas aos 42 dias após a semeadura (Tabela 3).

4.1.2. Peso Seco da Parte Aérea

Para avaliar o efeito da inoculação no desenvolvimento da planta, foi obtido o peso seco da parte aérea das plantas do feijoeiro, nos diferentes períodos após a semeadura, independente da cultivar e dos níveis de nitrogênio utilizados (Figura 4). Como era esperado, tanto em monocultivo como em consorciação o peso seco da parte aérea aumentou com a idade da planta, porém, em ambas as situações foi sempre maior em presença da inoculação. Comparando as Figuras 4A e 4B, constata-se que a consorciação não afetou o desenvolvimento das plantas.

4.1.3. Nitrogênio Total da Parte Aérea da Planta

O nitrogênio total na parte aérea, em função da cultivar, do nível de nitrogênio e independente da inoculação está apresentado na Figura 5. Observa-se que o nitrogênio, independente da cultivar, do nível de nitrogênio aplicado e do sistema de cultivo, aumentou com o incremento na idade da planta. Com o incremento no nível de nitrogênio aplicado, no momento da cobertura, ocorreu um aumento no total deste elemento na planta.

Constata-se, na Figura 6, que há uma tendência da quantidade

TABELA 3. Análise de variância para peso e número de nódulos aos 42 dias após a semeadura, obtidas no ensaio de nodulação do feijoeiro no plantio consorciado milho e feijão. Sete Lagoas, ano agrícola 1981/82.

Fonte de Variação	G.L.	QM			
		Peso de Nódulos (mg)		Número de Nódulos	
		Monocultivo	Consortiado	Monocultivo	Consortiado
Repetição	1	178,8	83,2	0,04	459,4
Nitrogênio (N)	2	407,5	849,9	101,6	342,2
Cultivar Feijão (F)	1	3628,5	6096,1	513,4	3384,4**
Inoculação (I)	1	17805,1**	41110,2**	4959,4**	9322,0**
N x F	2	60,8	3715,7	309,9	903,4
N x I	2	455,8	1799,0	241,6	93,2
F x I	1	279,5	514,3	287,0	1027,0
N x F x I	2	644,9	1530,0	360,0	274,7
Erro	11	943,0	3371,8	129,0	322,8
CV%		50,7	69,9	46,6	49,8

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 3. Peso seco de nódulos/planta nos diferentes períodos de avaliação para os níveis de nitrogênio utilizados em cobertura: (A) monocultivo do feijoeiro; (B) Consorciação milho-feijão. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/82.

Figura 4. Peso seco da parte aérea do feijoeiro, em g/planta com e sem inoculação do *Rhizobium phaseoli*: (A) monocultivo do feijoeiro; (B) Consorciação milho-feijão. Sete Lagoas. Ano agrícola 1981/82.

Figura 5.

Nitrogênio total (g/planta) na parte aérea, nos diferentes períodos de avaliação após a cobertura, em função dos níveis de nitrogênio utilizados. Dados para o feijão em monocultivo e consorciação. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/82.

Figura 6.

Nitrogênio total (g/planta) na parte aérea, nos diferentes períodos de avaliação, considerando os tratamentos com e sem inoculação do *Rhizobium phaseoli*. Dados obtidos para o feijoeiro em monocultivo e em consorciação com milho. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/82.

de nitrogênio ser sempre maior nos feijoeiros cujas sementes foram inoculadas, independente da cultivar, da época e do sistema de cultivo.

4.1.4. "Stand" Final

Os tratamentos avaliados não afetaram significativamente o nũmero de plantas do feijoeiro nos dois sistemas de cultivo, portanto, estes resultados não foram incluídos nas tabelas 4 e 5, referentes às análises da variância e dados médios para as características do feijoeiro.

4.1.5. Número de Vagens por Planta

Entre as características avaliadas foi esta que mostrou maiores diferenças nos resultados da análise da variância do monocultivo em relação a consorciação (Tabela 4). Para o feijão consorciado, o teste F sõ foi significativo entre cultivares. Para o monocultivo houve efeito altamente significativo entre nitrogênio, cultivar e interação inoculação x cultivar.

Os resultados médios para o número de vagens por planta estão apresentados na Tabela 5. Independente do tratamento utilizado ocorreu uma redução no número médio de vagens por planta de 18% quando se compara o sistema consorciado com o monocultivo. Tanto em monocultivo como em consorciação e independente da inoculação e do nível de nitrogênio, a cultivar Rio Tibagi produziu 26,0% mais vagens do que a cultivar Carioca. Independente do nível de nitrogênio, a inoculação contribuiu para incremento no número de vagens por planta, para ambas as cultivares nos dois sistemas de cultivo. Para o monocultivo o incremento médio com a inoculação foi de 36,8% e 20,5% para as cultivares Carioca e Rio Tibagi, respectivamente. Na consorciação, ao contrário do observado no monocultivo, o incremento devido à inoculação foi maior para a cultivar Rio Tibagi (38,3%) do que para a Carioca (13,2%).

4.1.6. Produtividade de Grãos

Para a produção de grãos sõ ocorreu efeito significativo para a inoculação em presença da cultivar Carioca, tanto na consorciação como em monocultivo (Tabela 4). Observa-se que ao contrário do esperado, o

TABELA 4. Resumo das análises da variância, para as características do feijão, obtidas no ensaio de nodulação do feijoeiro no plantio consorciado milho e feijão. Sete Lagoas, ano agrícola 1981/82.

Fonte de Variação	G.L.	QM			
		Número de vagens/planta		Produção de Grãos (Kg/ha)	
		Monocultivo	Consortiado	Monocultivo	Consortiado
Blocos	1	2,93	0,0003	92194,0	136,6
Nitrogênio (N)	2	10,20**	0,24	115604,3	12863,0
Cultivar Feijão(F)	1	20,18**	23,25**	73866,1	1372,7
N x F	2	2,40	0,17	37123,0	145,4
N x Inoculação(I)	2	2,99	0,01	179052,4	12214,2
(I + I x F)	2	10,65	3,24	604117,4	27984,8
I/Carioca	1	13,72**	1,37	1164972,4**	44152,3*
I/Rio Tibagi	1	7,58*	5,12	43262,4	11817,7
N x F x I	2	1,75	0,08	107818,4	14288,6
Erro	11	1,39	1,71	106650,4	6871,2
CV%		15,4	19,7	29,9	14,9

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 5. Número médio de plantas por metro linear, de vagens por planta e a produtividade média de grãos de feijão, em kg/ha, obtidos no ensaio de nodulação do feijoeiro no plantio consorciado milho e feijão. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/82.

Cultivar	Inoculação com <i>Rhizobium phaseoli</i>	Adubação nitrogenada em cobertura (kg/ha)	Número vagens/planta		Produtividade grãos (kg/ha)	
			Monocultivo	Consortiado	Monocultivo	Consortiado
C		0	4,6	5,1	648	381
A	SEM	20	5,6	5,2	865	531
R		40	6,9	5,5	1086	554
I		MÉDIA	5,7	5,3	866	489
O		0	7,6	5,9	1493	680
C	COM	20	7,2	5,8	1444	516
A		40	8,7	6,2	1532	634
		MÉDIA	7,8	6,0	1490	610
MÉDIA - CARIOCA			6,8	5,6	1178	549
R		0	5,7	6,8	656	529
I	SEM	20	9,7	7,1	1422	503
O		40	8,0	7,0	943	567
T		MÉDIA	7,8	6,0	1007	533
I		0	8,0	7,8	1142	577
B	COM	20	9,0	8,6	978	555
A		40	11,2	8,4	1261	655
G		MÉDIA	9,4	8,3	1127	596
MÉDIA - RIO TIBAGI			8,6	7,1	1067	564
MÉDIA GERAL			7,7	6,3	1122	577

coeficiente de variação foi superior no monocultivo do que na consorciação. Porém, a estimativa obtida está dentro dos limites que normalmente são observados na avaliação da produtividade dos experimentos com feijão.

Independente do tratamento utilizado, a produtividade média do feijão consorciado foi 48,6% da obtida em monocultivo (Tabela 5). Como a população de plantas do monocultivo foi o dobro da utilizada em consorciação, a produtividade por planta foi semelhante nos dois sistemas.

A inoculação com *Rhizobium phaseoli* na cultivar Carioca proporcionou, independente do nível de nitrogênio, um incremento de 72,0% e 25,0% para a produtividade do feijoeiro em monocultivo e consorciação, respectivamente (Tabela 5). Para a cultivar Rio Tibagi não se observou resposta significativa, evidenciando resposta diferencial das cultivares à inoculação.

Embora não fosse observada interação inoculação x níveis de nitrogênio, é possível visualizar na Tabela 5, que como esperado, o maior efeito da inoculação foi observado na ausência de adubação nitrogenada em cobertura. Comparando, por exemplo, o efeito da inoculação na cultivar Carioca em monocultivo na ausência de nitrogênio e em presença de 40 kg de N/ha, o incremento foi de 130,4% e 41,1% respectivamente. Ainda para esta cultivar e na ausência de nitrogênio, a produtividade do feijão consorciado inoculado foi semelhante aos resultados obtidos para o monocultivo também sem nitrogênio, porém, não inoculado. Apesar destas indicações, os níveis de nitrogênio utilizados em cobertura não afetaram a produtividade do feijoeiro, tanto em monocultivo como em consorciação (Tabelas 4 e 5).

4.2. Características do Milho

4.2.1. "Stand" Final

Foi pouca a variação no número médio de plantas de milho por parcela, permanecendo uma população em torno de 33.000 plantas/ha em toda a experimentação. O coeficiente de variação obtido (10,1%) mostrou que esta característica foi avaliada com uma boa precisão. Como o teste de F não mostrou diferenças entre os tratamentos avaliados; estes resultados foram excluídos do quadro de análises de variância para as características do milho.

4.2.2. Índice de Espigas

Para o índice de espigas, ou seja, o número médio de espigas por planta, ocorreu diferença significativa apenas para a interação cultivar de feijão x inoculação no sistema consorciado (Tabela 6). Esta significância se deve à presença do inóculo na cultivar Rio Tibagi consorciada com o milho (Tabela 7). Os resultados dos médios indicam um aumento de 20,5% no índice de espigas devido a inoculação nesta cultivar, no entanto, este aumento não foi verificado na cultivar Carioca.

4.2.3. Peso Seco e Nitrogênio Total na Parte Aérea

Para avaliar os efeitos que a associação de culturas tem sobre o desenvolvimento do milho, foram obtidos dados de peso seco e nitrogênio total na parte aérea da planta em monocultivo e em consorciação com o feijoeiro, nos diferentes períodos após a semeadura (Figuras 7A e B). Verifica-se que o teor de matéria seca (g/planta) no milho foi reduzido devido a consorciação, o que não aconteceu para o feijoeiro (Fig. 7A).

Comparando o nitrogênio na parte aérea para o milho nos dois sistemas de cultivo, observa-se que o incremento deste elemento com o desenvolvimento da planta é bem mais acentuado no monocultivo que no consórcio (Fig. 7B). Pode-se constatar que aos 69 dias o nitrogênio absorvido por planta de milho consorciado foi 47,0% menos que para o monocultivo.

Figura 7: Valores médios de peso seco da parte aérea de milho e feijão (A) e nitrogênio total na parte aérea do milho (B) no plantio consorciado ou em monocultivo, nos diferentes períodos de avaliação. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/1982.

4.2.4. Peso de 1000 Grãos

A análise de variância mostra significância para o ensaio em consorciação (Tabela 6). Observa-se que no milho consorciado o teste F apresentou efeito significativo para níveis de nitrogênio, inoculação e a interação cultivar de feijão x nitrogênio. Como o coeficiente de variação foi baixo (5,0%), pequenas diferenças foram significativas. Os resultados médios se encontram na Tabela 7. Verifica-se um incremento de 1,0% e 8,0% com a inoculação para o peso de 1000 grãos de milho em consorciação com feijoeiro da cultivar Carioca e Rio Tibagi, respectivamente. O quadro de médias mostra ainda que em presença da cultivar Rio Tibagi, independente da inoculação, o peso de 1000 grãos de milho cresce em proporção com o nível de nitrogênio adicionado em cobertura. Já na consorciação com a cultivar Carioca, o peso de 1000 grãos de milho só foi incrementado com 40 kg de N/ha adicionados em cobertura. A adição de 40 kg de N/ha incrementou 9,1% e 12,3% o peso dos grãos de milho consorciado com feijoeiro da cultivar Carioca e Rio Tibagi, respectivamente.

4.2.5. Produtividade de Grãos

Para a produtividade de grãos de milho, o teste F apresentou significância para o sistema consorciado em relação ao monocultivo (Tabela 6). Como ocorreu para o "stand" final e peso de 1000 grãos, observou-se também para a produtividade que o teste F foi altamente significativo para os níveis de nitrogênio no milho consorciado.

A produtividade média de grãos de milho no monocultivo foi 17,0% superior a observada na consorciação (Tabela 7), evidenciando que neste ensaio o feijão exerceu competição sobre o milho. Deve ser salientado que este efeito do feijão sobre o milho foi independente da cultivar de feijão e da presença ou não da inoculação das sementes do feijoeiro.

O efeito dos níveis de nitrogênio aplicados em cobertura, no milho consorciado, foi linear (Figura 8). A figura mostra que a cada quilo de nitrogênio adicionado em cobertura, a produtividade média do milho foi acrescida de 47 e 49 quilos quando consorciado com feijoeiro inoculado e não inoculado, respectivamente.

TABELA 6. Resumo das análises da variância para as características do milho e da produção equivalente de grãos de milho e feijão, obtidas no ensaio de nodu-
leção do feijoeiro no plantio consorciado milho e feijão. Sete Lagoas. Ano agrícola 1981/82.

Fonte de Variação	G.L.	QM				
		Índice de espigas	Peso de 1000 grãos(g)	Produção de grãos (Kg/ha)	% Proteína (grãos)	Proteína total (grãos)
Repetição	1	0,005	779,6	351217,4	0,73	6,56
Tratamentos	14	0,038*	497,5*	1645329,7**	0,36	13746,47**
Cons.vs.mon.	1	0,050	280,8	2158326,1*	0,48	22322,95*
Monocultivo	2	0,017	36,4	828096,9	0,08	6655,77
Consórcio	11	0,040*	570,3*	1747280,5**	0,40	14256,01**
Feijão(F)	1	0,042	79,9	4292,0	1,08*	3574,35
Inoculação(I)	1	0,054	704,8*	769775,4	0,05	3967,31
Nitrogênio(N)	2	0,032	1292,4**	7548848,6**	0,70	58830,31**
F x I	1	0,126**	410,3	1323,3	0,03	632,74
F x N	2	0,021	754,7*	965409,8	0,47	10859,03
I x N	2	0,036	253,9	6839,7	0,13	62,49
F x I x N	2	0,021	237,9	702249,5	0,33	4569,02
Erro	14	0,013	154,8	392689,9	0,21	3657,13
CV%		8,92	5,0	14,60	6,08	18,64
						10,31

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

1/Produção equivalente= Produção de grãos de milho + 4. Produção de grãos de feijão.

TABELA 7. Valores médios para as características do milho e da produção equivalente de grãos de milho e feijão, obtidas no ensaio de nodulação do feijoeiro no plantio consorciado milho e feijão. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1991/92.

Milho Consor-	Inoculação	Adubação Nitrogênica	Índice de	Peso de 1000	Produtividade de	% Proteína	Proteína total	Produção	Equivalente- ^{1/}
ciado c/Feijão	do Feijão	da (kg/ha)	espigas	grãos(g)	grãos(kg/ha)	nos grãos	nos grãos (kg)	M + 4F (kg/ha)	l/
C	SEM	0	1,35	244,4	3396,8	7,22	246,2	4921,3	
A		20	1,18	233,0	3652,3	6,54	236,0	5777,1	
R		40	1,17	254,0	4951,3	7,89	390,1	7165,7	
I		MÉDIA	1,23	243,8	4000,1	7,22	290,8	5954,7	
O		0	1,07	236,7	3465,2	6,91	236,3	6186,4	
C	COM	20	1,20	231,0	3223,5	7,19	231,8	5286,1	
A		40	1,29	271,3	5912,9	7,57	448,5	8448,6	
		MÉDIA	1,19	246,3	4200,5	7,22	306,2	6640,4	
MÉDIA-CARTOCHA			1,21	245,1	4100,3	7,22	298,5	6297,5	
R	SEM	0	1,28	213,1	2793,8	7,35	205,6	4909,9	
I		20	1,11	258,2	4066,5	7,85	319,8	6079,8	
O		40	1,13	246,2	5175,8	7,48	398,3	7442,9	
T		MÉDIA	1,17	239,2	4012,0	7,56	304,9	6144,2	
I		0	1,51	247,0	3462,5	7,26	251,9	5772,5	
B	COM	20	1,24	257,4	4888,0	7,83	382,2	7108,6	
A		40	1,49	270,5	4804,6	8,09	388,5	7423,8	
G		MÉDIA	1,41	258,3	4385,0	7,23	391,5	6768,3	
I									
MÉDIA-RIO TIBAGI			1,29	248,7	4198,5	7,39	348,2	6456,2	
MÉDIA GERAL-CONSORCIADO			1,25	246,9	4149,4	7,30	323,3	6376,8	
MILHO MONOCULTIVO		0	1,26	254,9	4160,8	7,61	318,0		
		20	1,44	264,6	4975,4	7,65	386,0		
		MÉDIA	1,36	244,5	5430,9	7,98	432,7		
			1,35	254,7	4855,7	7,75	378,9		

^{1/} Produção equivalente. Produção de grãos de milho + 4. Produção de grãos de feijão.

Figura 8: Relação entre a produtividade de grãos de milho consorciado com feijoeiro inoculado ou não com *R.phaseoli* e o nitrogênio adicionado em cobertura Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/1982.

4.2.6. Teor de Proteína e Proteína Total nos Grãos

O teor (%) de proteína nos grãos de milho não apresentou diferenças significativas para a consorciação em relação ao monocultivo. Somente apresentou significância para a cultivar de feijão no sistema consorciado. Além disso, o milho associado à cultivar Rio Tibagi teve um incremento no teor de proteína nos grãos em apenas 2,3% quando comparado à associação com a Carioca (Tabelas 6 e 7).

A análise da variância para proteína total se mostrou semelhante à produtividade de grãos, apresentando significância para a consorciação em relação ao monocultivo e níveis de nitrogênio no milho consorciado. Os dados da Tabela 7 mostram que, em termos de proteína total, os valores para os grãos de milho em monocultivo são 17,2% superiores daqueles obtidos para a consorciação. No entanto, estas diferenças não foram significativas em relação ao teor (%) de proteína nos grãos.

4.3. Análise Combinada Milho-Feijão

Como a consorciação envolve a presença de duas espécies, para a avaliação do sistema como um todo, há necessidade de se proceder uma análise de milho e feijão conjuntamente. Para isto foi estimada a produção equivalente considerando uma relação de preço de feijão para o milho igual a 4,0 (FRANCIS e SANDER, 1978). Apesar de existir uma flutuação muito grande nos preços de mercado de milho e feijão, a relação de preços, na média dos últimos 10 anos, é semelhante a 4,0 (BRASIL, Fundação Getúlio Vargas, 1980), daí a escolha deste valor.

Na Tabela 6 é apresentada a análise da variância da produção equivalente. Houve diferença significativa para o sistema consorciado em relação ao monocultivo. Pode-se verificar que o teste de F foi altamente significativo para os tratamentos do monocultivo e em consorciação. Dentro do sistema consorciado houve significância para inoculação do feijoeiro e nitrogênio.

Os resultados médios destas análises se encontram na Tabela 7. Os dados mostram que a produção equivalente no sistema consorciado foi 31,3% superior a do milho em monocultivo. Independente da inoculação e da cultivar de feijão associada, nota-se que a adubação de cobertura incrementou 11,3% e 40,0% a produção equivalente quando 20 e 40 kg de N/ha foram adicionados, respectivamente. A inoculação do feijoeiro incrementou 10,8% a produção equivalente, como mostra a tabela de médias.

Para avaliar o efeito da associação de culturas sobre o desenvolvimento das duas espécies de plantas envolvidas, foram obtidos dados de peso seco da parte aérea. Na Figura 9 é apresentada a comparação da produção de matéria seca do milho em monocultivo, milho + feijão consorciados e feijão em monocultivo. Constata-se que a produção de matéria seca do milho em monocultivo foi semelhante a do milho + feijão consorciados. Comparando as figuras 7A e 9, verifica-se que a diferença observada no milho em monocultivo em relação ao milho consorciado é atribuída a presença do feijão, uma vez que a produção total de matéria seca de milho + feijão consorciados equivale a do milho em monocultivo.

Figura 9: Peso seco da parte aérea (g/planta) de milho e feijão em monocultivo e de milho+feijão em consorciação, nos diferentes períodos de avaliação. Sete Lagoas. Ano Agrícola 1981/1982.

5. DISCUSSÃO

Na semeadura simultânea do milho e feijão consorciado, a leguminosa pode ser semeada na mesma linha ou entre as linhas da gramínea. Na realização deste trabalho optou-se pelo arranjo em que as duas culturas são semeadas na mesma linha, porque este sistema tem demonstrado desempenho semelhante à semeadura do feijão entre as linhas do milho (ANDRADE et al, 1974; FARDIM, 1977; EMBRAPA, 1981; RAMALHO et al, 1982; SANTA CECÍLIA et al, 1982) e também porque, devido à disposição das culturas, há provavelmente uma maior interação entre elas, possibilitando assim estudar, de modo mais intenso, o provável efeito da associação de culturas na eficiência da fixa-

ção do nitrogênio pelo feijão.

Conforme já foi observado (LEPIZ, 1974; SORIA et al, 1975; LAING, 1978; RAMALHO et al, 1982) independente do tratamento utilizado, a consorciação de culturas é uma prática em uso pelos agricultores, porque normalmente ela proporciona maior retorno econômico. Neste caso particular, considerando uma relação de preços de feijão para o milho, igual a 4,0, a consorciação proporcionou um ganho de 31,3% em relação ao monocultivo de milho (Tabelas 6 e 7).

Independente da inoculação e da cultivar de feijão não ocorreu resposta significativa, aos níveis de nitrogênio, na produtividade de grãos de feijão (Tabela 4). Deve ser salientado que no presente ensaio, o nível de nitrogênio utilizado no momento da semeadura foi sempre o mesmo, ocorrendo a diferenciação apenas após a cobertura, a qual foi realizada aos 37 dias, período este fora da época de maior eficiência da adubação em cobertura do feijoeiro (MIYASAKA et al, 1963; MASCARENHAS et al, 1966 e REIS et al, 1972), sendo esta a provável causa da ausência de resposta ao nitrogênio. Contudo, o efeito do nitrogênio no feijoeiro relatado na literatura não tem sido muito coincidente. MALAVOLTA (1972), cita que de 223 ensaios realizados em vários estados brasileiros, em apenas 66 ocorreu resposta à adubação nitrogenada.

Para o milho, entretanto, a resposta da adubação nitrogenada foi linear, tanto em presença do feijão inoculado ou não (Figura 8). Resposta à adubação nitrogenada nos trabalhos conduzidos no Brasil, envolvendo a cultura do milho são muito frequentes (NOVAIS e BRAGA, 1971; MONDARDO e GRIMM, 1974; CARVALHO et al, 1977).

A inoculação de sementes de feijão com o *R. phaseoli* não é uma prática tradicional e é uma das poucas leguminosas que não conseguem suprir totalmente suas necessidades de nitrogênio através desta simbiose (PEREIRA, 1982). A ineficiência da inoculação observada em muitos ensaios (GUSS e DOBEREINER, 1972; SPURLING, 1973; VIEIRA, 1978), pode ser atribuída ao uso de *Rhizobium* inadequado para a cultivar empregada (GRAHAM e ROSAS, 1977; AWONAIKE et al, 1980; ROCHA e PEREIRA, 1982), *Rhizobium* não competitivo com estirpes nativas existentes (GUSS e DOBEREINER, 1972; SAITO e RUSCHEL, 1980) ou então devido à fertilidade do solo, no que se refere à alta saturação de alumínio (PEREIRA, 1982), baixo P_2O_5 (ALMEIDA et al, 1973;

SAITO e RUSCHEL, 1978), baixo cálcio e molibdênio (FRANCO e DAY, 1980; VIEIRA, 1978; GUPTA e LIPSETT, 1981) e finalmente adubação nitrogenada em níveis elevados (MIYASAKA et al, 1963; WILKES et al, 1974; WESTERMANN et al, 1981).

O presente trabalho foi conduzido em solo sob vegetação de cerrado que apresenta nível baixo de saturação de alumínio e satisfatório de Ca^{++} e Mg^{++} (Tabela 1). Além disso, na adubação foi utilizado fertilizante fosfatado e também molibdênio. Vale ressaltar também que o solo utilizado não foi anteriormente cultivado com a cultura do feijão, devendo consequentemente ser baixa a frequência de estirpes nativas do *Rhizobium phaseoli* e que o feijoeiro foi inoculado com uma mistura de estirpes selecionadas quanto à capacidade de nodulação e eficientes na fixação biológica do nitrogênio. Todos estes fatos devem ter contribuído para a acentuada resposta à inoculação observada neste experimento. No monocultivo, por exemplo, independente do nível de nitrogênio e da cultivar de feijão, a inoculação contribuiu para um incremento de 39,7% na produtividade de grãos de feijão; enquanto que na consorciação o incremento foi de 18% (Tabela 5). A resposta à inoculação na produtividade de grãos tem sido constatada em outros trabalhos (ALMEIDA et al, 1973; GRAHAM e ROSAS, 1977; PEREIRA, 1982), realçando o fato de que as pesquisas neste campo são promissoras e devem ser intensificadas, principalmente no Brasil, visando a redução do uso de fertilizante nitrogenado nesta leguminosa, com consequente diminuição no seu custo de produção.

Não foi observada interação entre inoculação X nível de nitrogênio avaliado (Tabela 4). Como salientado anteriormente, a diferenciação nos níveis de nitrogênio só ocorreu após a cobertura realizada aos 37 dias da semeadura, sendo esta a causa mais provável da ausência de interação inoculação x nível de nitrogênio. Contudo, observa-se na Figura 3A e B que houve uma tendência de redução no peso dos nódulos nos tratamentos que receberam o nitrogênio em cobertura, tanto em monocultivo como em consorciação. AWONAIKE et al (1980), observaram que todas as linhagens de *R. phaseoli* avaliadas induziram menos tecido nodular e baixa atividade da nitrogenase quando o nitrogênio foi adicionado. Este mesmo fato tem sido observado por outros autores (GUSS e DOBEREINER, 1972; WESTERMANN et al, 1981).

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que é possível utilizar as duas fontes de nitrogênio, aquela proveniente da fixação biológica

gica e a fertilização química. Deve-se, no entanto, utilizar um reduzido nível de nitrogênio no plantio, para permitir o desenvolvimento das duas culturas, sem inibir a nodulação e determinar o momento mais adequado para a realização da cobertura, a fim de afetar o menos possível a atividade da nitrogenase (MIYASAKA et al, 1963; PEREIRA, 1982).

Como se pode verificar, a eficiência da inoculação foi diferente, dependendo da cultivar de feijão empregada. A cultivar Carioca, uma das mais utilizadas no Brasil, quando inoculada, apresentou um incremento de produtividade de grãos em monocultivo de 72%, ao passo que na cultivar Rio Tibagi não houve efeito significativo da inoculação (Tabela 4). A ocorrência de interação entre a estirpe de *Rhizobium* e a cultivar de feijão utilizada tem sido observada em outros trabalhos. SAITO e CARDOSO (1977), avaliando a eficiência de várias estirpes de *R. phaseoli* na cultivar Carioca, encontraram algumas que se sobressaíram. Entre elas está a estirpe C-05, que inclusive foi utilizada neste trabalho. Autores como GRAHAM e ROSAS, 1977, em ensaio conduzido na Colômbia, constataram que a fixação do nitrogênio foi maior em cultivares de feijões trepadoras do que em arbustivas. WESTERMANN e KOLAR (1978) verificaram também que ocorreu interação entre as cultivares de feijão e a fixação simbiótica do nitrogênio, tendo constatado que as cultivares com maior produção de grãos também apresentaram maior fixação do nitrogênio. No Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em Goiânia, foram avaliadas 407 cultivares, tendo se observado uma amplitude acentuada na capacidade de nodulação (PEREIRA, 1982). Resultados também confirmando comportamento diferencial de variedades de feijoeiro e a fixação biológica do nitrogênio são encontrados por AWONAIKE et al (1980). Os autores ressaltam que estudos envolvendo cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* são de primordial importância para a melhoria da eficiência da fixação do nitrogênio.

Nos trabalhos envolvendo a consorciação, é de suma importância verificar se a inoculação da leguminosa apresenta alguma modificação no desempenho da gramínea consorciada. Pode-se verificar, nas Tabelas 6 e 7, que não ocorreu efeito significativo da inoculação do feijoeiro na produtividade de grãos do milho consorciado. Conforme relatam WILSON e WISS (1937), sob certas condições ambientais, a rápida fixação de nitrogênio pela leguminosa não seria acompanhada por uma eficiente conversão do nitrogênio fi-

xado para compostos nitrogenados inertes e haveria um acúmulo deste nitrogênio nos nódulos. Estes nódulos, em íntimo contato com raízes de não leguminosas, poderiam excretar parte do nitrogênio acumulado. Os autores acreditam que além da excreção de nitrogênio, a estimulação da atividade microbiana e a decomposição de raízes e nódulos são também importantes fatores que acusam benefícios para o cultivo associado de leguminosas e não leguminosas. Estas mesmas indicações são apresentadas por NICOL (1935), AGBOOLA e FAYEMI (1972), MISRA e MISRA (1975), WAHUA e MILLER (1978). Evidentemente, este efeito positivo não ocorreu no presente trabalho. O que pode ser verificado é que, em termos de nitrogênio na parte aérea, o milho foi bastante afetado pela presença da leguminosa (Figura 7B). Porém, o teor (%) de proteínas nos grãos de milho nos dois sistemas de cultivo foi semelhante, sendo as diferenças encontradas para proteína total devido unicamente à variação na produtividade de grãos (Tabelas 6 e 7).

Também é de interesse saber se a fixação biológica do nitrogênio afeta o desenvolvimento do milho, e se o inverso ocorre. No presente trabalho, foi constatado que o número e peso seco de nódulos por planta de feijoeiro em consorciação, apresentou tendência de ser superior ao observado em monocultivo (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D). Contudo, em termos do efeito da inoculação na produtividade de grãos de feijão, ela foi muito mais acentuada no monocultivo. Para a cultivar Carioca por exemplo, a inoculação proporcionou um incremento na produtividade de 72% e 25% para o monocultivo e consorciação respectivamente. Isto até certo ponto evidencia uma provável diminuição da eficiência da inoculação em consorciação, entretanto, deve ser salientado que o número de feijoeiros no monocultivo é o dobro do utilizado em consorciação, podendo ser esta a causa da diferença observada. No entanto, como mostra a Tabela 5, a cultivar Carioca na ausência de nitrogênio, apresentou produtividade quando consorciada e inoculada semelhante à obtida em monocultivo, na mesma condição sem inoculação. Deve ser salientado também que ao correlacionar peso e número de nódulos com a produtividade de grãos do feijoeiro em monocultivo e em consorciação com o milho, foi obtida correlação significativa apenas para o monocultivo ($r = 0,47$ e $0,59$ para peso e número de nódulos respectivamente). Provavelmente também, neste caso, o maior número de plantas do monocultivo permitiu a manifestação de maior amplitude de variação entre os tratamentos, daí a signi-

ficância das correlações.

A literatura, no entanto, cita ensaios que mostram maior eficiência da inoculação quando a leguminosa está consorciada (WAHUA e MILLER, 1978; WILLEY, 1979; PEREIRA, 1982). O fato é explicado pela excreção de substâncias que estimulariam o processo de fixação biológica do nitrogênio, tendo, no entanto, DALAL (1974) encontrado ação inibitória da nodulação de guandu associado ao milho. Em soja e sorgo consorciados, devido ao efeito de apoio da leguminosa no sorgo, haveria maior penetração de luz, incrementando a assimilação de compostos carbonados e, conseqüentemente, estimulando a nodulação (WAHUA e MILLER, 1978). Este fato está de acordo com observações feitas por SAMPAIO e DOBEREINER (1968), onde a formação e desenvolvimento de nódulos em soja foram estimulados pelo aumento da intensidade de luz. Os autores, apesar de verificarem que o sombreamento aumenta a quantidade de nitrogênio fixado por unidade nodular, acreditam que o efeito estimulante da luminosidade na formação dos nódulos é mais evidente que seu prejuízo na eficiência do tecido nodular. Entretanto, parece haver uma relação entre sombreamento e excreção de nitrogênio fixado pela leguminosa (WILSON e WYSS, 1937; WILLEY, 1979), que somente é evidente depois de crescimento sob condições de grande luminosidade. Se houve excreção do nitrogênio fixado, os resultados deste trabalho, ao menos, não mostraram ganhos significativos na produtividade do milho com a inoculação do feijoeiro (Tabelas 6 e 7). Durante a floração, quando a nodulação atingiu seu máximo desenvolvimento, pode-se verificar que na área experimental foi registrada elevada precipitação pluviométrica, com conseqüente diminuição da luminosidade (meados de dezembro/81, Tabela 2). Mesmo após este período, as chuvas foram intensas e pode-se supor que o N fixado pela leguminosa ficou, talvez, menos disponível ao milho consorciado. Isto, em parte, explicaria porque não houve resposta do milho ao N fixado pelo feijoeiro. Por outro lado, pode não ter coincidido esta maior disponibilidade de N próximo às raízes do milho com o período mais ativo na absorção de nutrientes por estas mesmas raízes de milho. É interessante notar que na cultivar Carioca, a qual mostrou maior resposta à inoculação, o peso de nódulos permaneceu elevado por maior período quando consorciada com o milho (Figura 2B), resultados estes já observados em ensaios desenvolvidos por ROCHA e PEREIRA (1982) e PEREIRA (1982). Os autores explicam que haveria condições mais propícias para sobrevivência e eficiência do *Rhizobium phaseoli* quando o milho está presente. Estas observações estão de acordo com WILLEY (1979) que acredita que a

maior utilização do nitrogênio pela gramínea, diminuiria o teor deste elemento no solo, estimulando a interação *Rhizobium* x leguminosa.

Dada a importância da consorciação milho-feijão no Brasil, estudos envolvendo a fixação de nitrogênio em consorciação deveriam ser intensificados, visando aprimorar o sistema consorciado e, sobretudo, reduzir os custos de produção. Neste aspecto, é necessário uma integração entre as áreas de microbiologia, melhoramento, fertilidade do solo, procurando ajustar a ação do *Rhizobium phaseoli* às condições reinantes no sistema consorciado.

6. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos e discutidos neste experimento, pode-se concluir que:

a) O cultivo associado milho-feijão, em mais esta oportunidade, demonstrou ser uma prática que contribui para uma maior produção de alimentos por área que os respectivos monocultivos.

b) O nitrogênio mineral não afetou a eficiência da inoculação com o *R. phaseoli*, manifestada em termos da produtividade de grãos de feijoeiro. Constatou-se também que os feijoeiros não apresentaram resposta significativa aos níveis de N aplicados, enquanto que para o milho a resposta a este fertilizante foi linear, com um incremento para produção de grãos de 47 e 49 kg/kg de N mineral adicionado, no cultivo associado com o feijoeiro inoculado e não inoculado, respectivamente.

c) A inoculação do feijoeiro incrementou a sua produção de grãos nos dois sistemas de cultivo. Ocorreu interação significativa entre a inoculação e a cultivar de feijão utilizada, tendo sido observado que a inoculação só foi eficiente em presença da cultivar Carioca. Para esta cultivar o incremento na produtividade de grãos quando inoculado, em relação ao não inoculado, foi de 72% e 25% para o monocultivo e cultivo associado, respectivamente.

d) Apesar da eficiência do *R. phaseoli* no feijoeiro, não foi verificado efeito do nitrogênio fixado pela leguminosa no desempenho do milho consorciado.

LITERATURA CITADA

- AGBOOLA*, A.A. e FAYEMI, A.A.A., 1972. Fixation and excretion of nitrogen by tropical legumes. Agronomy Journal. Madison, 64:409-412.
- AHMED, S. e GUNASENA, H.P.M., 1979. N utilization and economics of some intercropped systems in tropical countries. Tropical Agriculture. Trinidad, 56(2):115-123.
- AIDAR, H. e VIEIRA, C., 1979. Cultura associada de feijão e milho. III-Efeitos de populações de plantas sobre o feijão da "seca". Revista Ceres. Viçosa, 26(147):465-473.
- AIDAR, H.; VIEIRA, C.; OLIVEIRA, L.M. de e VIEIRA, M., 1979. Cultura associada de feijão e milho. II-Efeitos de populações de plantas no sistema de plantio simultâneo de ambas as culturas. Revista Ceres. Viçosa, 26(143):102-111.
- AIDAR, H.; CASTRO, T.DE A.E.; YOKOYAMA, M. e SILVEIRA, P.M. da., 1982. Temperatura e umidade do solo e população de empoasca no cultivo de feijão após a maturação fisiológica do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. p. 265-267.
- ALMEIDA, D.L. de; PESSANHA, G.G. e PENTEADO, A. de F., 1973. Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, 8:127-130.
- ALTIERI, M.A., 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.)

- and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field Crops Research. Amsterdam, 1:33-49.
- ANDRADE, M.A.; RAMALHO, M.A.P. e ANDRADE, M.J.B., 1974. Consorciação de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de portes diferentes. Agros. Lavras, 4(2):23-30.
- AWONAIKE, K.O.; LEA, P.J.; DAY, J.M.; ROUGHLEY, R.J. e MIFLIN, B.J., 1980. Effects of combined nitrogen on nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. Experimental Agriculture. London, 16:303-311.
- BEZERRA NETO, F. 1978. Efeito da arquitetura do milho (*Zea mays* L.) sobre algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultura consorciada. Lavras, ESAL, 62 p. (Tese M.S.).
- BRASIL. Fundação Getúlio Vargas. Instituto Brasileiro de Economia. Divisão de Estatística e Econometria. Centro de Estudos Agrícolas, 1980. Preços recebidos pelos agricultores; médias mensais 1979. Médias anuais 1974/79. 102p.
- CANDAL NETO, J.F.; PACOVA, B.G.V. e GUIDONI, A.L., 1982. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em plantio exclusivo e associado ao milho (*Zea mays* L.) no Estado do Espírito Santo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. p. 274-275.
- CARVALHO, H.W.L. de; OLIVEIRA, F.A. de; BATISTA, J.S. e LIMA, A. do N., 1977. Calibração da adubação através da análise química do solo para a cultura do milho no Nordeste. Barreiras, BA., EMBRAPA/UEPAE Barreiras, 17p. (Com.Tec., 5).
- CASTRO, T. de A.P.E. e CARVALHO, J.R.P. de, 1982. Comparações entre cultivo solteiro e consorciado de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) de portes diferentes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, p.144-145.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1975. Informe Anual del Programa del Frijol. Cali, Colombia, 64p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1976. Informe Anual del Programa del Frijol. Cali, Colombia, 91p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1977. Informe Anual del Programa del Frijol. Cali, Colombia, 94p.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Lavras, 1978. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3.^a aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 80p.
- DALAL, R.C., 1974. Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Experimental Agriculture. London, 10:219-224.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. Sete Lagoas, MG., 1980. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1979. Sete Lagoas, 121p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. Sete Lagoas, MG., 1981. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1979-80. Sete Lagoas, 207p.
- FARDIM, F., 1977. Influência de sistemas de consorciação na produtividade e outras características agronômicas do milho e do feijão. Lavras, ESAL, 61p. (Tese M.S.).
- FISHER, N.M., 1979. Studies in mixed cropping. III: Further results with maize-bean mixtures. Experimental Agriculture. London, 15:49-58.
- FRANCIS, C.A., 1978. Multiple cropping potentials of beans and maize: (Potencial del cultivo multiple de frijol y maiz). HORTSCIENCE, St. JOSEPH-MI. 13 (1):12-17.
- FRANCIS, C.A. e SANDERS, J.H., 1978. Economic analysis of bean and maize Systems: monoculture versus associated cropping. Field Crops Research. Amsterdam, 1:319-335.
- FRANCIS, C.A., 1981. Development of plant genotypes for multiple cropping systems. In: Plant Breeding II. FREY, K. IOWA. p.179-231.
- FRANCO, A.A. e DAY, J.M., 1980. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acids soils of Brazil. Turrialba. Costa Rica, 30(1):99-105.
- GRAHAM, P.H. e ROSAS, J.C., 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. The Journal of Agricultural Science. London, 88:503-508.
- GRAHAM, P.H. e ROSAS, 1978. Plant and nodule development and nitrogen fixation in climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. grown in monoculture,

- or associated with *Zea mays* L. The Journal of Agricultural Science. London, 90:311-317.
- GUPTA, U.C. e LIPSETT, J., 1981. Molybdenum in soils, plants, and animals. Advances in Agronomy. New York, 34:75-115.
- GUSS, A. e DÖBEREINER, J. 1972. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, 7:87-92.
- KASS, D.C.L., 1978. Polyculture cropping systems: review and analysis. Ithaca, New York. Cornell University. 69p. Cornell International Agricultural Bulletin 32.
- KRANS, W.M. e GERADE, A.C., 1982. Sistemas de consórcio milho x feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP. p.122-123.
- LAING, D.R., 1978. Competencia de los sistemas de cultivos asociados de maíz-frijol. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 17p.
- LEPIZ, I.R., 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. México, Secretaria da Agricultura y ganaderia, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 46p. Folheto Técnico nº 58.
- MALAVOLTA, E., 1972. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1, Campinas. Anais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. p.211-242.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; VEIGA, A.A. e ALVES, S., 1966. In: influência das formas de fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. Bragantia. Campinas, 25:XLI-XLIII (Nota nº 9).
- MIRANDA, P.; MAFRA, R.C.; COSTA, A.F. da e PORTELA, M.C.L. da S., 1982. Comportamento diferencial de cultivares de feijão-níveis de fósforo e cálcio do solo e sistemas de cultivo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP. p.10-11.
- MISRA, A. e MISRA, C. 1975. Effect of legumes on associated and subsequent crops. The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. Nova Delhi, 35 (2): 239-241.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. e MASCARENHAS, H.S. 1963. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. Bragantia. Campinas, 22:511-519.

- MONDARDO, A. e GRIMM, S.S., 1974. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à adubação nitrogenada em cinco solos do Rio Grande do Sul em função do teor de matéria orgânica e nitrogênio mineral no solo. Agronomia Sulriograndense. Porto Alegre, 10(2):297-312.
- MORENO, O.R.; TURRENT, A.F. e NÚÑEZ, R.E., 1973. Las Asociaciones de maíz-frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. Agrociencia. Chapingo, 14:103-117.
- NICOL, H., 1935. Mixed cropping in primitive agriculture. Empire Journal of Experimental Agriculture. Oxford, 3:189-195.
- NOVAIS, R.F. de e BRAGA FILHO, L.J., 1971. Aplicação de "tufito" e NPK na adubação do milho, em solos de Patos de Minas. Revista Ceres. Viçosa, 18(99): 358-368.
- PAULA LIMA, L.A. de e VIEIRA, C., 1982. Cultura Associada de Feijão e Milho. IV. Comparação de Sistemas de Produção. Projeto Feijão, EPAMIG, Relatório 78-79. Belo Horizonte, p.27-32.
- PEREIRA, P.A.A., 1982. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 8(90):41-46.
- PIMENTEL FOMES, F., 1981. Curso de Estatística Experimental. 9.^a ed. São Paulo, Livraria Nobel S.A., 430p.
- PORTES, T. de A.; AIDAR, H. e CONTO, A.S. de, 1982. Plantio mecanizado simultâneo de milho e feijão - Avaliação econômica. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP. p.130-132.
- RAMALHO, M.A.P.; FINCH, E.O. e SILVA, A.F., 1982. Mecanização do plantio simultâneo de milho e feijão consorciados. Sete Lagoas, EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 21p. (Circ. Tec. nº 7).
- REIS, M.S.; VIEIRA, C. e BRAGA, J.M., 1972. Efeitos de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão. Revista Ceres. Viçosa, 19:25-42.
- ROCHA, R.E.M. e PEREIRA, P.A.A., 1982. Avaliação da nodulação do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em plantio após a maturação fisiológica do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. EMBRAPA-CNPAP p. 323-326.
- RUSCHEL, A.P.; SOUZA BRITTO, D.P.P. de e DÖBEREINER, J., 1966. Fixação Simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. Pesquisa Agrope-

cuária brasileira, 1:141-145.

- RUSCHEL, A.P. e REUSZER, H.W., 1973. Fatores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*. Pesquisa agropecuária brasileira, série agronomia, 8:287-292.
- RUSCHEL, A.P. e RUSCHEL, R., 1975. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão. Pesquisa agropecuária brasileira, Série agronomia, 10:11-17.
- RUSCHEL, A.P.; SAITO, S.M.T. e TULMANN NETO, A., 1979. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L. I. Efeito de fontes de nitrogênio e cultivares. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas 3(1):13-17.
- SAITO, S.M.T. e CARDOSO, E.J.B.N., 1977. Seleção de estirpes de *Rhizobium phaseoli* para o feijoeiro cultivar Carioca. O Solo. Piracicaba, 1:44-47.
- SAITO, S.M.T. e RUSCHEL, A.P., 1978. Influência da calagem, adubação fosfatada e micronutrientes na nodulação natural do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". Piracicaba, 35:545-556.
- SAITO, S.M.T. e RUSCHEL, A.P., 1980. Capacidade competitiva e de sobrevivência no solo de uma estirpe de *Rhizobium phaseoli*, usada como inoculante. Ciência e Cultura. São Paulo, 32(7):888-892.
- SAMPAIO, I.B.M. e DÜBEREINER, J., 1968. Efeito do sombreamento e do calcário na taxa relativa de fixação de nitrogênio e na eficiência dos nódulos da soja (*Glycine max*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, 3:255-262.
- SANTA CECÍLIA, F.C., 1977. Comportamento de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de diferentes hábitos de crescimento cultivadas em associação com o milho. Viçosa, Universidade Federal, 83p (Tese M.S.).
- SANTA CECÍLIA, F.C. e VIEIRA, C., 1978. Associated cropping of beans and maize. I. Effects of bean cultivars with different growth habits. Turrialba, Costa Rica, 28(1):19-23.
- SANTA CECÍLIA, F.C. e RAMALHO, M.A.P., 1982. Comportamento de cultivares de feijão em monocultivo e em associação com milho. Ciência e Prática, Lavras- (no prelo).
- SANTA CECÍLIA, F.C.; RAMALHO, M.A.P. e PINTO, C.A.B.P., 1982. Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada no consórcio milho + feijão. Projeto Feijão, EPAMIG, Relatório 78/79. Belo Horizonte, p.18-26.

- SILVA, J.F.A.F., 1980. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) consorciados com milho. Viçosa, Universidade Federal, 40p. (Tese M.S.).
- SILVA, J.J.S., 1982. Equilíbrio populacional no consórcio milho x feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. p.94-96.
- SORIA, J.; BAZAN, R.; PINCHINAT, A.M.; PAEZ, G.; MATEO, N.; MORENO, R.; FARGAS, J. e FORSYTHE, W., 1975. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba, Costa Rica, 25 (3):283-293.
- SOUZA FILHO, B.F. e ANDRADE, M.J.B. de., 1982. Influência de diferentes populações de plantas ao consórcio milho-feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, GO. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, p.103-104.
- SPURLING, A.T., 1973. Field trials with Canadian Wonder beans in Malawi. Experimental Agriculture. London, 9:97-105.
- VIEIRA, C., 1978. Cultura do Feijão. Viçosa, M.G. Imprensa Universitária Federal de Viçosa. 146p.
- VINCENT, J.M., 1970. A manual for the practical study of the root-nodule bacteria. London. International Biological Programme. 163p. IBP Handbook nº 15.
- WAHUA, T.A.T. e MILLER, D.A., 1978. Effects of intercropping on Soybean N_2 -fixation and plant composition on associated sorghum and Soybeans. Agronomy Journal. Madison, 70:292-295.
- WESTERMANN, D.T. e KOLAR, J.J., 1978. Symbiotic $N_2(C_2H_2)$ fixation by bean. Crop Science. Madison, 18:986-990.
- WESTERMANN, D.T.; KLEINKOPF, G.E.; PORTER, L.K. e LEGGETT, G.E., 1981. Nitrogen sources for bean seed production, Agronomy Journal. Madison, 73:660-664.
- WILKES, J.M. e SCARISBICK, D.H., 1974. The effect of nitrogenous fertilizer on the seed yield of the navy bean (*Phaseolus vulgaris*). The Journal of Agricultural Science. London, 83:175-176.
- WILLEY, R.W., 1979. Intercropping-Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crops Abstracts. Amsterdam, 32(1): 1-10.

WILSON, P.W. e WYSS, O., 1937. Mixed cropping and the excretion of nitrogen by leguminous plants. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 1:289-297.