

**MARCOS ANTONIO PERINO**

**INFLUÊNCIA DE DENSIDADES POPULACIONAIS E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA DE COBERTURA NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DE  
CULTIVARES DE FEIJÃO**

**BOTUCATU-SP  
Março – 2017**



**MARCOS ANTONIO PERINO**

**INFLUÊNCIA DE DENSIDADES POPULACIONAIS E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA DE COBERTURA NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DE  
CULTIVARES DE FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

**BOTUCATU-SP**  
**Março – 2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Perino, Marcos Antonio, 1961-  
P445i Influência de densidades populacionais e adubação nitrogenada de cobertura na nutrição e produtividade de cultivares de feijão / Marcos Antonio Perino . - Botucatu:[s.n.] , 2017  
51 p. : il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Rogério Peres Soratto  
Inclui bibliografia

1. Feijão comum. 2. Nitrogênio na agricultura. 3. Adubos e fertilizantes - Aplicação. I. Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DE DENSIDADES POPULACIONAIS E ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJÃO"**

**AUTOR: MARCOS ANTONIO PERINO**

**ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. CLAUDINEI PAULO DE LIMA

Agronomia / FACULDADES INTEGRADAS DE OURINHOS

  
Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Botucatu, 28 de abril de 2017.



*Aos meus amados pais, Bento (in memoriam) e Angelina.  
À minha amada esposa, Milca.*

**DEDICO**



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, soberano sobre todas as coisas.

À minha querida esposa Milca, sempre ao meu lado me incentivando, apoiando e auxiliando em todos os momentos.

Aos meus filhos pela colaboração e apoio.

Aos meus pais que muito contribuíram em toda a minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. Rogério Peres Soratto, pela compreensão, paciência, incentivo, atenção e ensinamento.

Ao meu amigo professor Dr. Claudinei Paulo de Lima, pela imensa colaboração, ajuda e incentivo.

Às Faculdades Integradas de Ourinhos, pelo apoio.

Aos professores Dr. Júlio Cesar Guerreiro, Dr. Hugo Catão e o Dr. Evandro Pereira Prado, pela colaboração.

Aos funcionários da seção de pós-graduação, biblioteca e aos técnicos de laboratório pelo auxílio.

Aos amigos e colegas, pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de convívio e descontração.

A todos os professores da pós-graduação, pelos ensinamentos e conhecimento transmitido.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigado!



## RESUMO

A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é bastante exigente em nitrogênio (N). Contudo, vários fatores como o precedente cultural, a cultivar e a população de plantas podem afetar as respostas da cultura à adubação nitrogenada. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho de cultivares de feijoeiro sob diferentes densidades populacionais na presença ou ausência da aplicação de N em cobertura. Para tanto, foram realizados dois experimentos no município de Ourinhos-SP, ambos cultivados na safra “da seca” no ano agrícola 2012/2013 e no ano de 2014/2015. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 4x3x2 em faixas, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro cultivares de feijão (IAC Formoso, IPR Campos Gerais, TAA Bola Cheia e Pérola), dispostos em faixas, três densidades populacionais (6, 9 e 12 plantas m<sup>-1</sup>) e dois níveis de N (0 e 50 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A adubação nitrogenada de cobertura aumentou o teor de N nas folhas, o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos apenas no ano de maior disponibilidade hídrica, porém, incrementou a produtividade de grãos nos dois anos de cultivo. A população de plantas não afetou a produtividade de grãos dos cultivares estudados. A cultivar TAA Bola Cheia, foi 11,4% mais produtiva que as demais cultivares, porém, em apenas um dos cultivos, sendo que no segundo cultivo não houve diferenças entre as cultivares. A cultivar TAA Bola Cheia apresentou rendimento de peneira maior que as demais cultivares nos dois anos de avaliação e menores populações de planta tenderam a proporcionar maiores rendimentos de peneira do feijoeiro comum.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nitrogênio, teor de N foliar, componentes de produção, rendimento de peneira.



## ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop is quite demanding regarding nitrogen (N). However, several factors such as the cultural precedence, cultivar, and plant population may affect the crop responses to N fertilization. Thus, the objective of this work was to assess the performance of common bean cultivars under different plant population densities in the presence or absence of the sidedressing N application. In order to achieve that objective, two experiments were carried out in the municipality of Ourinhos-SP, in the 2012/2013 and 2014/2015 dry growing seasons. A randomized complete block design was adopted, in a 4x3x2 factorial scheme with strips, and four replications. The treatments were composed of four common bean cultivars (IAC Formoso, IPR Campos Gerais, TAA Bola Cheia, and Pérola), three populational densities (6, 9, and 12 plants m<sup>-1</sup>), and two sidedressing N levels (0 and 50 kg ha<sup>-1</sup>). The data were submitted to analysis of variance. The means were compared by the Tukey test at a 5% probability. Sidedressing N fertilization increased the leaf N concentration, the number of pods per plant, and the mass of 100 grains only in the year of greater water availability, but increased the grain yield in the two growing seasons. The plant population in the row did not affect the grain yield of the studied cultivars. On average, the cultivar TAA Bola Cheia was 11.4% more productive than the other cultivars, but in only one of the growing season, and in the second growing season there were no differences among the cultivars. The cultivar TAA Bola Cheia presented higher sieve yield than the other cultivars in the two growing seasons and lower plant populations tended to provide higher sieve yields of the common bean crop.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen, leaf N concentration, yield components, sieve yield.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (●) e temperatura mínima (●) registradas na área experimental, em quinquênios, no período de março a julho de 2013 e 2015..... 23



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.....	32
Tabela 2.	Características dos cultivares de feijão comum (carioca) que foram utilizados no experimento.....	32
Tabela 3.	Datas de semeadura, emergência, florescimento pleno e colheita da cultura do feijão.....	33
Tabela 4.	Datas das aplicações, doses e defensivos utilizados em 2013 e 2015...	34
Tabela 5.	Teor foliar de nitrogênio e número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura.....	38
Tabela 6.	Desdobramento da interação entre cultivar e população de planta para o teor de nitrogênio nas folhas e massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2013 .....	38
Tabela 7.	Número de grãos por vagem e massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura.....	41
Tabela 8.	Desdobramento da interação entre cultivar e aplicação de nitrogênio em cobertura para o número de grãos por vagem e massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2015.....	42
Tabela 9.	Desdobramento da interação entre população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura para a massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2013.....	42
Tabela 10.	Produtividade de grãos e rendimento de peneira da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura.....	43



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	Importância da cultura do feijão.....	21
2.2	Influência do nitrogênio na produtividade do feijoeiro.....	21
2.3	Hábito de crescimento e população de plantas na cultura do feijão.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Caracterização da área experimental.....	30
3.2	Delineamento experimental e tratamentos .....	30
3.3	Instalação e condução dos experimentos.....	32
3.4	Avaliações realizadas.....	33
3.4.1	Teor de N na folha diagnose.....	33
3.4.2	Número de vagens por planta.....	34
3.4.3	Número de grãos por vagem.....	34
3.4.4	Massa de 100 grãos.....	34
3.4.5	Produtividade de grãos.....	35
3.4.6	Rendimento de peneira.....	35
3.5	Análise estatística.....	36
4	RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	37
5	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui importância socioeconômica relevante no Brasil, com fundamental destaque na alimentação, sendo um prato típico do país, fonte de proteína e fibra.

Observa-se variações nos sistemas de cultivo do feijoeiro comum, desde a agricultura de subsistência, a qual tem todas as operações do plantio à colheita realizados de forma manual, e sistemas de cultivo nos quais se empregam altas tecnologias, utilizando agricultura de precisão, nutrição equilibrada, adubação nitrogenada de cobertura, tratamentos fitossanitários, sistemas de irrigação e colheita mecanizada, entre outras.

Na atualidade, buscam-se maiores produtividades com maior rentabilidade e para obtenção desses objetivos, são necessárias pesquisas que envolvam melhoramento genético, ecofisiologia, população e arranjo espacial das plantas, nutrição de plantas e fitossanidade.

Para a correta nutrição do feijoeiro existem fatores que demandam maiores conhecimentos, dentre eles o ciclo do nitrogênio (N), com suas interações no sistema solo-planta-atmosfera. O N é o elemento mais requerido pela planta de feijão, importante em todas as fases de desenvolvimento da cultura. Em particular, os estádios de florescimento, na formação das vagens e enchimento dos grãos, são os estádios de maior necessidade de N (PORTES, 1996; SORATTO et al., 2013). Entretanto, existem muitas controvérsias sobre as doses de adubação nitrogenada de cobertura para a cultura. As recomendações oficiais vão até 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, dependendo da produtividade esperada e da classe de resposta ao N (AMBROSANO et al., 1997). Contudo, pesquisas têm mostrado respostas para a máxima produtividade até 180 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004), enquanto outras observaram ausência de resposta à adubação nitrogenada de cobertura quando o feijoeiro foi cultivado após soja (SORATTO; ALVAREZ; ARF, 2006). Assim, vale ressaltar que é imprescindível conhecer a real necessidade da cultura, sem descartar as variáveis que podem ocorrer com a época de aplicação, fonte, cultivar, sistema de cultivo e o ambiente.

Outro fator importante é a necessidade de maiores estudos das interações que podem ocorrer entre doses de N, a densidade de plantas e as cultivares atuais, pois estas têm hábitos de crescimento, porte e tipo de plantas diferentes.

Os custos elevados da semente certificada podem estimular a busca por alternativas de condução da cultura, como a redução do número de semente a ser usada por área, implicando em economia, maior arejamento das plantas e, conseqüentemente, menor grau de ocorrência de doenças, como também, menor acamamento, porém é imprescindível que se leve em conta a produtividade almejada.

Os sistemas de colheitas mecanizadas são realidades atuais, porém, algumas dificuldades necessitam ser superadas e sabe-se que uma população de plantas adequada, combinada com o porte e tipo da planta podem contribuir muito para o processo de colheita, produzindo grãos de melhor qualidade.

Portanto, com o presente trabalho objetivou-se avaliar se há aumento significativo na produtividade e qualidade dos grãos da cultura do feijão comum, cultivada após soja, quando variada a cultivar e a densidade populacional, na presença ou ausência de adubação nitrogenada de cobertura.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância da cultura do feijão**

O feijão comum é uma cultura que apresenta ciclos variando de 65 a 100 dias, dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, e ampla adaptação edafoclimática, que permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todos os Estados da Federação, compondo, desde sistemas agrícolas com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência, até os intensivos e irrigados, altamente tecnificados (AIDAR, 2007).

A diversidade climática brasileira proporciona a possibilidade de semeadura e colheita praticamente o ano todo, porém, de maneira mais característica a exploração da cultura ocorre em três épocas: a 1<sup>a</sup> safra, ou “safra das águas”, com cultivo predominante nas regiões sul e sudeste, a semeadura geralmente é realizada entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e dezembro, a colheita ocorre entre os meses de novembro até março e com pico da colheita no mês de dezembro; a 2<sup>a</sup> safra, “safra da seca” ou “safrinha”, com predominância de cultivo no nordeste e sudeste, sendo a principal safra na região sudoeste do estado de São Paulo, com semeadura realizada entre os meses de janeiro a abril e a colheita nos meses de abril a julho e, a 3<sup>a</sup> safra ou “safra de outono-inverno”, ou ainda “safra irrigada”, com predominância no sudeste e centro-oeste, a semeadura é realizada a partir de maio e a colheita entre agosto a outubro (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Ao se analisar os dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento, das safras de 2004/2005 a 2014/2015, verificou-se aumento de produtividade média de feijão no Brasil, de 771 kg ha<sup>-1</sup> para 1062 kg ha<sup>-1</sup>, mas é ainda muito baixa, de maneira geral, pois existem regiões empregando alta tecnologia no sistema produtivo, com produtividade ultrapassando 3500 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016).

### **2.2 Influência do nitrogênio na produtividade do feijoeiro**

O feijoeiro comum é considerado uma planta exigente em nutrientes, em decorrência do sistema radicular superficial e ciclo curto (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994; SORATTO et al., 2013), devendo ser os nutrientes

colocados à disposição da planta, em tempo e locais adequados. Segundo os mesmos autores a literatura é discordante quanto às quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijoeiro, porém, podendo-se estipular quantidades médias exigidas, para produção de 1000 kg de grãos de feijão: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P, 15,3 kg de K, 3,1 kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S.

A produtividade da cultura é influenciada por vários fatores, tais como sistema de cultivo, doenças, pragas, plantas daninhas, condições ambientais e nutrição mineral (DIDONET, 2005). A eficiência das fontes de N utilizadas no Brasil é baixa, causada por diversos fatores, tais como: época de aplicação, doses, fonte utilizada, método de aplicação, cultura antecessora e as interações que o N sofre no solo (CANTARELLA, 2007), situações essas que causam variações nas respostas do feijoeiro a doses desse nutriente (SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004; 2006; SORATTO; ALVAREZ; ARF, 2006; MOREIRA et al., 2013; SORATTO; PEREZ; FERNANDES, 2014).

O aparecimento de deficiência de N em plantas é muito comum em quase todos os solos, sendo caracterizada por um amarelecimento generalizado das folhas, que se inicia pelas mais velhas (CARVALHO et al., 2003). Tem-se ainda o surgimento de folhas pequenas, senescência precoce, baixo teor de clorofila e conseqüentemente baixa utilização da luminosidade e formação de plantas mais baixas e pouco desenvolvidas. Sant'Ana e Silveira (2008) constataram que a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou os maiores índices de área foliar (IAF) e por um período mais longo, com maior duração das folhas, o que levou à maior produtividade de grãos.

A recomendação oficial de adubação nitrogenada para o feijoeiro no estado de São Paulo é de 0 a 20 kg ha<sup>-1</sup> no sulco de semeadura e, na adubação de cobertura varia de 20 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta ao N, o qual deve ser aplicado entre 15 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas (AMBROSANO et al., 1997). Porém, Rosolem (1996) já sugeria que a cultura do feijão poderia responder às doses de N maiores que recomendadas naquela época, pois, em levantamento realizado, constatou variação muito ampla na resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada (30 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N). Também têm sido comuns respostas lineares a aplicações de doses de N superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> (SILVA, 1988; TEIXEIRA et al., 2000; RODRIGUES, 2001; XAVIER, 2002; CARVALHO et al., 2003; SORATTO et al., 2005; SORATTO;

CARVALHO; ARF, 2006; CRUSCIOL et al., 2007; SORATTO; PEREZ; FERNANDES, 2014).

Rosolem (1996) relata que para a obtenção da resposta a adubação nitrogenada é de fundamental importância às informações do histórico da área relacionadas à cultura anterior, teor de matéria orgânica, compactação, textura do solo e irrigação.

Crusciol et al. (2007) relataram que houve aumento linear dos teores de N nas folhas, independentemente da fonte, e que a maior dose de N utilizada ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não foi suficiente para suprir toda necessidade do feijoeiro. Soratto, Carvalho e Arf (2004), em sistema de plantio direto em sucessão ao milho obtiveram respostas lineares do teor foliar de N até a dose de  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, demonstrando a maior necessidade em função do sistema plantio direto e dos restos culturais presentes com alta relação C/N, com máxima produtividade de grãos na dose estimada de  $182 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Tal resultado também foi evidenciado no trabalho de Cunha et al. (2011), com área coberta por *Brachiaria ruziziensis*, a elevada demanda por N, a máxima produtividade foi obtida com dose de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N com ureia comum e de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de ureia aditivada.

A sucessão de culturas após o cultivo de leguminosa traz vantagens em relação à sucessão após gramíneas. Borkert, Gaudencio e Pereira (2003) relataram a mobilidade e volatilidade do N no solo e que grande parte do N requerido pela cultura, cerca de 60 a 70% do N, é fornecido pela biomassa vegetal existente na área. Diversos autores têm demonstrado necessidades diferentes de N pela cultura do feijão em sucessão a diferentes culturas. Bordin et al. (2003), trabalharam com sucessão de culturas e alcançaram produtividades acima de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  de feijão, após *Crotalaria juncea* com a dose de  $44 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e, após *Canavalia brasiliensis*, a maior produtividade de feijão foi alcançada com  $52 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Trabalhos realizados em Goiás, em sistema plantio direto após diferentes palhadas, indicaram que houve maior produtividade da cultura do feijão comum em sucessão à soja ( $3359 \text{ kg ha}^{-1}$ ), enquanto sobre a palhada de milho consorciado com braquiária, a média foi de  $2749 \text{ kg ha}^{-1}$ , não havendo diferença no número de vagens por planta (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo os mesmos autores, houve acréscimo de produtividade de feijão com a aplicação de N, independentemente da cultura precedente. Com relação à época de aplicação do N em cobertura, a melhor produtividade foi obtida com a aplicação no estágio de plântulas quando comparado

com a recomendação oficial aos 30 DAE. Além disso, os autores relataram que diferenças no número de vagens por planta e de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade, ocorridos no experimento, foram devidas aos atributos das cultivares. Por outro lado, Soratto, Alvarez e Arf (2006) não observaram aumento da produtividade de grãos do feijoeiro comum em resposta a adubação nitrogenada de cobertura, quando este foi cultivado após a cultura da soja.

Teixeira et al. (2005) relataram que as doses crescentes de N, variando de 0 a 150 kg ha<sup>-1</sup> afetaram a população final de plantas de feijão, com 253.000 plantas ha<sup>-1</sup> na testemunha para 222.000 plantas ha<sup>-1</sup> na maior dose, e, inversamente, a massa de cem grãos teve incremento com o aumento das dose de N aplicadas, com 20,7 g para a testemunha sem N e 23,8 g para a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Enquanto alguns produtores continuam aplicando doses excessivas de N, outros aplicam quantidades insuficientes desse elemento, limitando a produtividade da lavoura mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados (GUERRA et al., 2000). Além do que, o nutriente tem importância, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos (SORATTO et al., 2013), pois, como há vagens e grãos crescendo quase ao mesmo tempo, a demanda por N nestas fases é alta (PORTES, 1996). A adubação com fertilizantes nitrogenados aumenta a produtividade de grãos do feijoeiro, em consequência do incremento nos componentes de produção, ou seja, no número de vagens por planta, no número de grãos por vagem e na massa de 100 grãos. Dentre esses componentes, o mais afetado pela adubação nitrogenada é o número de vagens por planta (SILVEIRA; DAMASCENO, 1993; CALVACHE et al., 1997; ANDRADE et al., 1998; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004; 2006; CRUSCIOL et al., 2007; SORATTO; PEREZ; FERNANDES, 2014).

O N tem importante papel na fisiologia da planta, relacionando diretamente na quantidade deste elemento na planta, quando ocorre deficiência de suprimento desse nutriente para a planta, ela produz menos flores e, conseqüentemente, menos vagens (PORTES, 1996; SORATTO et al., 2005). O suprimento adequado de N pode produzir plantas mais vigorosas, com maior porte e maior número de ramificações possibilitando mais estruturas reprodutivas, correlacionado com maior produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2001; SORATTO; CARVALHO e ARF, 2004; SORATTO et al., 2005). Soratto et al. (2005) verificaram que a aplicação de N

via solo na fase vegetativa foi mais eficiente no aumento de produtividade quando comparado com a aplicação após o início da formação de vagens.

O feijoeiro por ser uma planta de ciclo rápido e seu sistema radicular pouco desenvolvido, há a necessidade de realizar a colocação do N no local e tempo adequado. Segundo Fancelli e Tsumanuma (2007), após o florescimento, devido à mudança de relação fonte-dreno, o N fornecido é mais bem aproveitado se a aplicação for realizada via foliar. Devido à relação fonte dreno, nos estádios reprodutivos a absorção dos nutrientes via solo é menor, pois o crescimento radicular cessa e a atividades das raízes diminuem, por serem drenos mais fracos (ROSOLEM 2002).

Soratto et al. (2011) concluíram que quando realizada a cobertura nitrogenada via solo adequadamente, a adubação via foliar não alterou os componentes de produtividade e qualidade dos grãos, porém, na ausência da adubação nitrogenada via solo, a realização de duas aplicações foliares, em R5 e R7 aumentaram a produtividade e massa dos grãos. Se for para realizar aplicação única, a aplicação em R5 foi mais eficiente quando comparado com aplicação em R7.

A aplicação de N no feijoeiro tem importância pelo fato do aumento da massa dos grãos (SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006; SORATTO et al., 2011), pois a indústria empacotadora indica que o mercado consumidor tem a preferência para os grãos de feijão classificados nas peneiras de números 13 e 14 (CARBONELL et al., 2010).

### **2.3 Hábito de crescimento e população de plantas na cultura do feijão**

As cultivares de feijão podem ser classificadas em função do hábito de crescimento. Segundo o CIAT (1976), as cultivares dos tipos I e II são de porte ereto, arbustivo e ramificação fechada, sendo o primeiro de crescimento determinado e o segundo indeterminado. Além destas, as cultivares do tipo III, também de crescimento indeterminado, apresentam mais ramificações e estas são mais abertas. De acordo com Harper (1977), geralmente as plantas de hábito de crescimento determinado respondem ao desequilíbrio fisiológico causado pela densidade de população, por meio de mudanças no tamanho dos órgãos vegetativos e reprodutivos, enquanto plantas de crescimento indeterminado apresentam

alterações no número desses órgãos. Assim, cultivares de feijoeiro do tipo II e III tendem a reduzir o número de nós com o aumento da população de plantas (CARPENTER; BOARD, 1997). O incremento à população de plantas aumenta também o índice de área foliar do feijoeiro. Porém, nessas condições, observa-se um declínio mais acentuado devido à antecipação da senescência das folhas (LUCAS; MILBOURN, 1976). Para Stone e Pereira (1994), por ser uma planta muito plástica, os maiores índices de área foliar nas plantas de feijão, ocorrem quando se reduz a população das plantas por área, pois o feijoeiro consegue compensar a variação de estande.

O crescimento e o desenvolvimento do feijoeiro dependem das características da cultivar e das condições de cultivo a que as plantas são submetidas. A população e o espaçamento entre as plantas interferem na quantidade de água, luz e nutrientes utilizados pela cultura. Alterações morfológicas como altura das plantas, área foliar e ramificações formadas determinam a plasticidade da cultivar utilizada (BRADSHAW, 1965).

Não sofrendo influência do meio, a cultura do feijão comum expressa sua capacidade produtividade pelo potencial genético, representada pela fórmula ( $\text{Produtividade} = \text{NP} \times \text{NGP} \times \text{MG}$ ), onde NP é o número de plantas na área, NGP é o número de grãos por planta e MG a massa dos grãos (STONE, 2004). O autor também relata que cada um desses componentes representa uma fase de desenvolvimento da cultura, o NP é estabelecido na fase vegetativa, NGP no período da floração e a MG nas fases de enchimento dos grãos e maturação. Além disso, eles estão diretamente relacionados e são dependentes, pois o primeiro é o NP, o NP determina o NGP e estes determinam a MG, assim a máxima produtividade possível. Os fatores de produção podem competir entre si, caso o número deles for suficientemente alto para competir pelos recursos de produção, por isso é importante o conhecimento desses limites, da produtividade potencial das cultivares e na determinação ideal da população das plantas.

Shimada, Arf e Sá (2000) relataram a necessidade de novas tecnologias para melhores produtividades, facilitando os tratos culturais, bem como a colheita mecanizada, melhorando a qualidade dos grãos produzidos. O melhoramento genético busca a obtenção de plantas mais eretas, menor acamamento e maior altura de inserção das vagens, em relação ao solo. Afirmam que um dos fatores da baixa produtividade é a inadequação das densidades populacionais utilizadas no

Brasil, principalmente das cultivares de porte ereto e semiereto. Os mesmos autores concluíram em seu trabalho que com o aumento da densidade de sementes por metro de fileira e com menores espaçamentos entre fileiras, há menor formação do número de vagens e de grãos por planta de feijão, porém existe um efeito compensatório no aumento da massa das sementes e nos rendimentos dos grãos em função do aumento de população de plantas por área, com o espaçamento de 0,30 m nas entrelinhas e oito plantas por metro linear, formando uma população de 266,7 mil plantas por hectare, houve as maiores produtividade em grãos.

Stone e Silveira (2008) trabalharam com limites dos componentes de produção do feijão cv. Pérola, o número máximo de 21 vagens por planta foi constante abaixo da população de 240.000 plantas  $ha^{-1}$ , 62,2 foi o número máximo de grãos por plantas abaixo da população de 225.000 plantas  $ha^{-1}$ , a massa média de grãos máxima foi de 0,303 g, sendo constante abaixo de  $115 \times 10^5$  grãos  $ha^{-1}$ . Com população abaixo de 185.000 plantas  $ha^{-1}$ , 0,249 g é a mínima massa do grão para máxima produção de  $140 \times 10^5$  grãos  $ha^{-1}$ . Os autores concluíram que a produtividade máxima pode ocorrer em uma faixa ampla de população a partir de 185.000 plantas  $ha^{-1}$ , devido à grande plasticidade entre os componentes da produtividade de grãos do feijoeiro. Souza et al. (2008), trabalhando com densidades populacionais para o cv. IAPAR 81 (porte ereto) obtiveram a maior produtividade de grãos com a população de 303.000 plantas por hectare e também concluíram que o incremento de população de 100.000 a 400.000 plantas por hectare reduziu o número médio de vagens por plantas e não influenciou a altura das plantas. De maneira discordante, Jadoski et al. (2000) concluíram que as menores populações de plantas aumentaram a altura das plantas, número de nós na haste principal e área foliar das plantas individuais, na população de 235 mil plantas  $ha^{-1}$ , apresentaram maior altura da extremidade da primeira vagem de 7,3 cm do solo, não sendo suficiente para a realização da colheita mecanizada direta.

Horn et al. (2000) concluíram que a redução da altura das plantas, da altura de inserção de vagens e da produtividade de grãos ocorreram com a redução no espaçamento entre fileiras, o maior índice de acamamento ocorreu com a menor população de plantas e com o maior espaçamento, as características agronômicas e a produtividade de grãos não foram afetadas pelo aumento de população, e eles trabalharam com populações de 100, 200, 350 e 500 mil plantas  $ha^{-1}$ , nos espaçamentos de 25, 50 e 75 cm entrelinhas.

Didonet e Costa (2004) relatam que o aumento de população de plantas por área pode facilitar a colheita mecanizada, pelo fato da maior altura de inserção das vagens nas plantas, a competição por luz, traz reflexos no desenvolvimento da planta. As produtividades de grãos sofreram alterações pelos diferentes espaçamentos e houve interações positivas entre a produtividade de grãos e o número de vagens por planta, o adensamento de plantas na fileira não teve influência na produtividade.

Costa et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes para os dois anos de cultivo, sendo que os maiores valores médios para o número de vagens por planta, foi obtido com as menores populações de plantas, a massa de cem grãos foi menor, nos dois anos, para a maior população de grãos por área e na maior densidade populacional de plantas, a melhor produtividade de grãos ocorreu com 300.000 plantas por hectare.

As condições de adensamento de plantas por área pode influenciar no surgimento de fungos patógenos na cultura. Em condições dos espaçamentos mais largos, tem-se a penetração dos raios solares e a circulação de ar sob o dossel das plantas de feijão, facilitando o manejo e controle do patógeno. Com este intuito, Napoleão et al. (2006) trabalharam com diferentes espaçamentos entre linhas para avaliar a intensidade de *Sclerotinia sclerotiorum*, fungo causador do mofo-branco e a sanidade das sementes, e concluíram que para as condições dos experimentos nos espaçamentos utilizados para produção normalmente, não houve correlação da intensidade da doença com o espaçamento entre linhas ou entre plantas.

Silva et al. (2008) trabalharam com arranjos espaciais de plantas de feijoeiro comum de diferentes tipos de crescimento, no período de 2005 a 2008 conduziram 48 experimentos, utilizando 20 cultivares disponíveis no mercado com espaçamentos entre 20 a 70 cm e com densidade de 4 a 14 plantas por metro de fileira. As cultivares utilizadas de diversos grupos comerciais, com tipo carioca, jalo, rajado, roxinho, rosinha, branco, vermelho e preto, as cultivares de porte ereto, semiereto, prostrado e plantas de tipo I, II e II/III. Os experimentos foram instalados no estado de Goiás, nas safras "da seca" e "de inverno" e no estado do Paraná na safra "das águas". Os autores concluíram que os espaçamentos de 30 e 40 cm entre linhas são os mais viáveis, sem, contudo desconsiderar as inter-relações com os outros fatores ligados ao sistema produtivo, com relação ao número de plantas, o mais viável é de dez plantas por metro de fileira, suficiente para os máximos

rendimentos. A densidade populacional para as diversas cultivares ficou na faixa de 200 a 250 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Com menores densidades de plantas a cultura do feijão comum passa a exigir maior demanda de nutrientes, principalmente N, pois cada planta tem que produzir mais para se obterem elevadas produtividades. Este nutriente participa de papéis vitais na planta como a fotossíntese e respiração, além de constituir aminoácidos e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2009), além de ser responsável pelo incremento da área foliar da planta, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005). A resposta e a demanda de N pela cultura do feijão, em razão da densidade populacional dependem do hábito de crescimento da cultivar, pois cultivares de hábito de crescimento mais compacto de menor porte pode depender de maiores doses de N, para elevadas produtividades, quando cultivado com baixa densidade populacional. Resposta esta que pode estar relacionada à necessidade destas cultivares em aumentar seu desenvolvimento de ramos, para aumentar o número de vagens por plantas, compensando a redução populacional.

De acordo com Vieira, Paula Junior e Borém (2008), existe uma correlação ímpar em relação ao espaçamento e à densidade de semeadura, onde a distribuição adequada de plantas tem efeito no controle de plantas daninhas, podendo representar importante estratégia na utilização mais eficiente de alguns fatores de produção, como luz, água e nutrientes. Espaçamentos menores ocorrem competição mais drástica de água e nutrientes, que em disponibilidades inferiores às necessidades das plantas proporcionam efeitos mais severos da competição.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos de campo, ambos durante a safra “da seca” dos anos agrícolas 2012/2013 e 2014/2015.

#### **3.1 Caracterização da área experimental**

Os experimentos foram conduzidos na fazenda Pedra Branca, localizada no bairro do Guaraiuva, município de Ourinhos-SP, latitude 22°57'41” S, longitude 49°57'43” W e altitude de 419 metros. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cfa, caracterizado pelo clima subtropical.

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máximas e temperaturas mínimas foram coletados dos registros da Estação Meteorológica da Fazenda Experimental das Faculdades Integradas de Ourinhos, durante o período de condução do experimento. As chuvas foram agrupadas e as temperaturas tiradas as médias de cinco em cinco dias. Os mesmos podem ser observados na Figura 1.

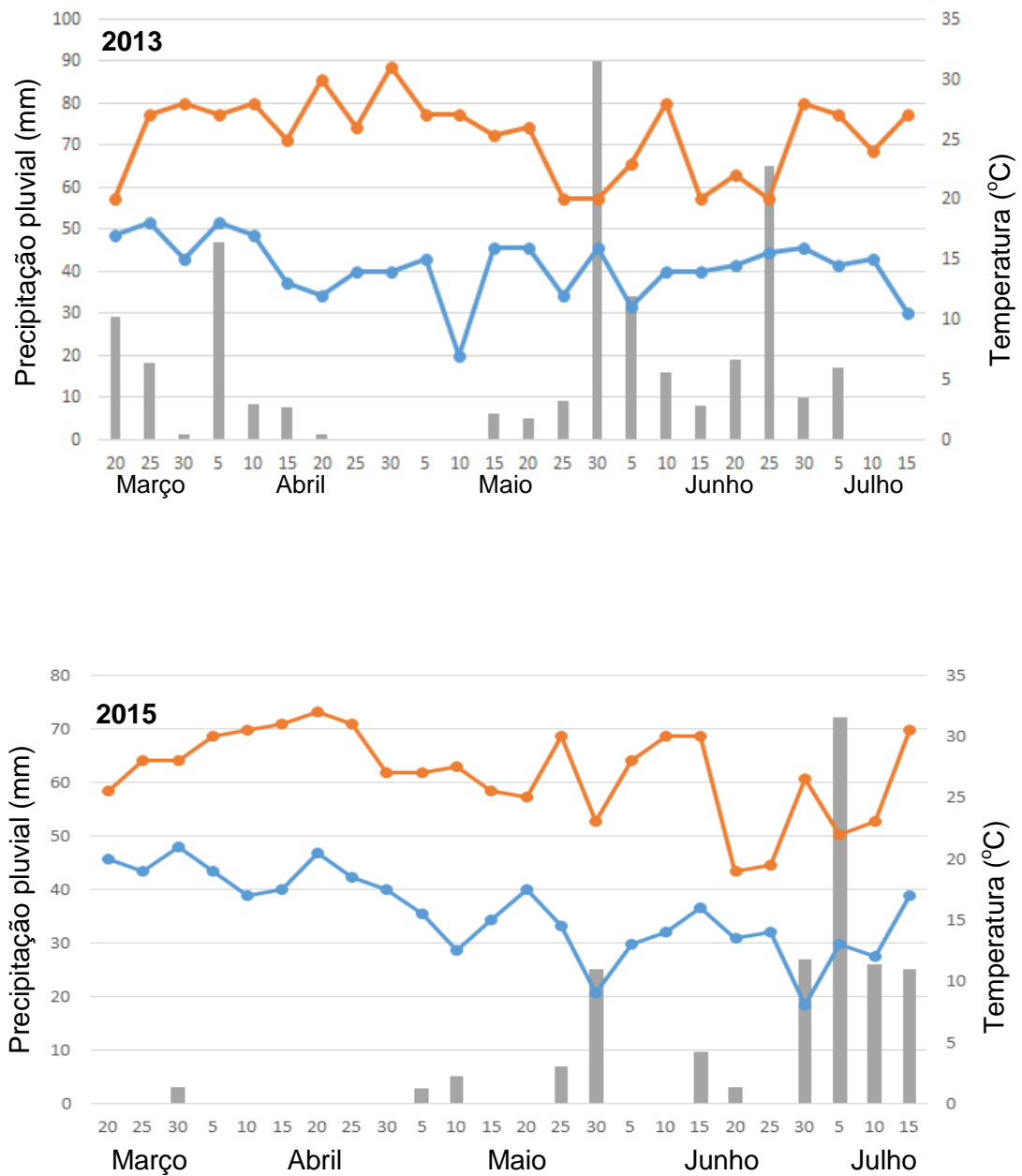
Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, com textura argilosa, que foi caracterizada quimicamente de acordo com metodologia descrita por Raij et al. (2001), cujo os resultados estão descritos na Tabela 1.

#### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos ao acaso, com esquema fatorial 4x3x2 em faixas, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro cultivares de feijão (IAC Formoso, IPR Campos Gerais, TAA Bola Cheia e Pérola - Tabela 2), três densidades populacionais (6, 9 e 12 plantas por metro de fileira) e dois níveis de N (0 e 50 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura, aplicado entre 23 a 26 dias após a emergência (DAE), no estágio V4. As faixas foram compostas pelas cultivares e dentro de cada faixa foram sorteados cada um dos tratamentos oriundos da combinação entre as três populações de plantas e os dois níveis de N em cobertura. O espaçamento entre fileiras adotado foi de 0,45 m, perfazendo as densidades populacionais de 133.333, 200.000 e 266.667 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para 6, 9 e 12 plantas por metro de fileira. As unidades

experimentais foram constituídas de nove fileiras, com 5 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as cinco fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e duas fileiras laterais.

**Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (●) e temperatura mínima (●) registradas na área experimental, em quinquênios, no período de março a julho de 2013 e 2015.**



**Tabela 1.** Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.

Ano	pH(CaCl <sub>2</sub> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P(resina) (mg dm <sup>-3</sup> )	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V (%)
2013	5,8	23	90	22	4,6	48	14	89	67
2015	5,9	24	101	20	5,0	54	13	92	79

**Tabela 2.** Características das cultivares de feijão comum (carioca) que foram utilizados no experimento.

Cultivar	Ciclo (Dias)	Hábito de crescimento	Porte de planta	Tipo de planta
IAC Formoso	Semiprecoce (85)	Indeterminado	Ereto	II
IPR Campos Gerais	Semiprecoce (88)	Indeterminado	Ereto	II
TAA Bola Cheia	Semiprecoce (80-90)	Indeterminado	Semiereto	III
Pérola	Normal (85-95)	Indeterminado	Semiereto	II/III

### 3.3 Instalação e condução dos experimentos

Ambos os experimentos foram conduzidos em áreas manejadas no sistema plantio direto, anteriormente cultivadas com a cultura da soja. Aproximadamente uma semana antes das semeaduras, foi realizada dessecação das plantas presentes na área, com a utilização do herbicida glifosato, na dose de 1.440 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.), mais o herbicida 2,4D, na dose de 333 g ha<sup>-1</sup>, utilizando volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>.

As semeaduras foram realizadas com semeadora-adubadora tratorizada modelo Ultra Flex, marca Tatu, regulada com espaçamento de 0,45 m entre fileiras e 15 sementes por metro, nas datas apresentadas na Tabela 3. As sementes foram tratadas com inseticida tiametoxam (140 g do i.a. por 100 kg de sementes), fungicida carboxina + tiram (60 + 60 g do i.a. por 100 kg de sementes). Aos 10 DAE foi realizado o desbaste para que cada tratamento tivesse o número determinado de plantas por metro de fileira (6, 9 e 12 plantas m<sup>-1</sup>). A adubação básica de semeadura consistiu na aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 10-15-15, em ambos os anos.

Nos tratamentos determinados, a adubação nitrogenada de cobertura, em ambos os anos de cultivo, foi realizada manualmente com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte o nitrato de amônio. As adubações foram realizadas nos dias 27/04/2013

(23 DAE) e 23/04/2015 (26 DAE), respectivamente, no primeiro e segundo experimento, ambos no estádio V4.

**Tabela 3.** Datas de semeadura, emergência, florescimento pleno e colheita das cultivares de feijão.

Evento	Ano	
	2013	2015
Semeadura	27/03	21/03
Emergência	04/04	28/03
Florescimento pleno das cultivares		
IAC Formoso	04/05 (30 DAE)	30/04 (33 DAE)
IPR Campos Gerais	06/05 (32 DAE)	01/05 (34 DAE)
TAA Bola Cheia	06/05 (32 DAE)	01/05 (34 DAE)
Pérola	09/05 (35 DAE)	05/05 (38 DAE)
Colheita	07/07 (94 DAE)	02/07 (96 DAE)

DAE: dias após a emergência.

Em ambos os experimentos, foi realizado irrigação utilizando o sistema autopropelido de 110 mm de diâmetro, com lamina de 25 mm por aplicação. Contudo, na fase vegetativa foi realizado apenas o fornecimento suplementar de água via irrigação, ou seja, foi realizada apenas uma irrigação no ano de 2013 e duas em 2015, antes do florescimento. Após o florescimento, a irrigação foi realizada de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Durante todo o período de desenvolvimento do feijoeiro foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade da cultura. Todo o manejo fitossanitário, em ambos os experimentos, estão apresentados na Tabela 4.

### 3.4 Avaliações realizadas

#### 3.4.1 Teor de N na folha diagnose

Na época do florescimento, ou seja, em 09/05/2013 (35 DAE) e 05/05/2015 (38 DAE), foram coletadas 20 folhas (folhas com pecíolo, tomadas no terço médio das plantas) por unidade experimental (AMBROSANO et al., 1997). As amostras foram secadas em estufa a 65 °C, por 72 horas e, em seguida, moídas e submetidas à análise para determinação do teor de N, segundo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

**Tabela 4.** Datas das aplicações, doses e defensivos utilizados em 2013 e 2015.

Data	Doses e Produtos
2013	
20/04/2013	300 g ha <sup>-1</sup> de acefato, 96 g ha <sup>-1</sup> cletodim e 200 mL ha <sup>-1</sup> de comozin-S
25/04/2013	600 g ha <sup>-1</sup> de bentazona e 100 g ha <sup>-1</sup> de fomesafen
29/04/2013	240 g ha <sup>-1</sup> de hidróxido de fentina e 300 g ha <sup>-1</sup> de acefato
17/05/2013	240 g ha <sup>-1</sup> de hidróxido de fentina, 87,5 + 75,0g ha <sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol e 28,2 + 21,2 g ha <sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina
02/06/2013	87,5 + 75,0 g ha <sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol e 28,2 + 21,2 g ha <sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina
15/06/2013	1.050 g ha <sup>-1</sup> de tiofanato-metílico + clorotalonil
2015	
15/04/2015	300 g ha <sup>-1</sup> de acefato, 96 g ha <sup>-1</sup> cletodim e 200 ml ha <sup>-1</sup> de comozin-S
20/04/2015	600 g ha <sup>-1</sup> de bentazona, 100 g ha <sup>-1</sup> de fomesafen e 28,2 + 21,2 g ha <sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina
23/04/2015	240 g ha <sup>-1</sup> de hidróxido de fentina e 300 g ha <sup>-1</sup> de acefato
08/05/2015	240 g ha <sup>-1</sup> de hidróxido de fentina, 87,5 + 75,0 g ha <sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol e 28,2 + 21,2 g ha <sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina
18/05/2015	1.050 g ha <sup>-1</sup> de tiofanato-metílico + clorotalonil
30/05/2015	87,5 + 75,0 g ha <sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol e 28,2 + 21,2 g ha <sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina
13/06/2015	1.050 g ha <sup>-1</sup> de tiofanato-metílico + clorotalonil e 87,5 + 75,0 g ha <sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol

### 3.4.2 Número de vagens por planta

Por ocasião da colheita, foi realizada a coleta de 20 plantas por unidade experimental, nas quais foram determinado o número de vagens por planta, mediante a relação entre número total de vagens e o número total de plantas.

### 3.4.3 Número de grãos por vagem

Foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados nas 20 plantas coletada para determinação do número de vagens por planta.

### 3.4.4 Massa de 100 grãos

Em cada unidade experimental foram coletadas três amostras contendo 100 grãos de feijão, as amostras foram pesadas em balanças analíticas de precisão, para a determinação de sua massa e os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

### **3.4.5 Produtividade de grãos**

Para esta avaliação, foram colhidas manualmente as plantas contidas em duas fileiras de 4 m de comprimento da área útil de cada unidade experimental. As plantas foram secadas ao sol, trilhadas e os grãos separados mediante abanação. Após esta operação, os grãos foram pesados e posteriormente estimada a produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

### **3.4.6 Rendimento de peneira**

Para a determinação do rendimento de peneira, os grãos colhidos em cada unidade experimental foram classificados em peneiras com furos oblongos de número 10 (3,97 x 19,05 mm), 11 (4,37 x 19,05 mm), 12 (4,76 x 19,05 mm), 13 (5,16 x 19,05 mm), 14 (5,56 x 19,05 mm) e 15 (5,95 x 19,05 mm). Posteriormente, foi determinado o rendimento de peneira (RP%), conforme a fórmula (CARBONELL et al., 2010):

$$RP\% = ((P12 + P13 + P14 + P15) / (P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + \text{Fundo})) \times 100$$

Em que:

- RP%: rendimento de peneira;
- P10: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 10;
- P11: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 11;
- P12: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 12;
- P13: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 13;
- P14: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 14;
- P15: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 15;
- P16: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 16.

### **3.5 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2013, a adubação nitrogenada de cobertura aumentou significativamente o teor de N foliar (Tabela 5). Porém, mesmo no tratamento com aplicação de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura o teor ainda ficou abaixo da faixa considerada adequada para a cultura do feijoeiro comum ( $30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$ ), de acordo com Ambrosano et al. (1997). Em 2015 não houve efeito da aplicação de N em cobertura nos teores deste elemento nas folhas do feijoeiro e em ambos os tratamentos os teores ficaram também abaixo da faixa considerada adequada. Os baixos teores de N nas folhas, mesmo em cultivo após soja e com aplicação de N em cobertura no feijoeiro, provavelmente foram devidos aos períodos de estiagem que ocorreram nas semanas que antecederam o florescimento (Figura 1). Gurgacz (2016) avaliou a aplicação de N no solo ( $0, 45, 90$  e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e N via foliar ( $2,5$  e  $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia comum e uréia formaldeído) e obteve diferença significativa apenas para o N aplicado no solo, e os valores de N nas folhas também ficaram abaixo da faixa considerada adequada para todos os tratamentos. Por outro lado, Farinelli et al. (2006), obtiveram resposta positiva para o teor de N com a aplicação de doses crescentes de N em cobertura ( $0, 40, 80, 120$  e  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e os teores ficaram na faixa entre  $32,3$  a  $40,5 \text{ g kg}^{-1}$ , considerados adequados.

As diferentes populações de plantas não tiveram efeito isolado no teor de N nas folhas do feijoeiro em ambos os anos avaliados (Tabela 5). Houve interação entre cultivares e população de plantas para o teor de N nas folhas do feijoeiro no ano de 2013 (Tabela 6). Para a cultivar TAA Bola Cheia as populações de 9 e 12 plantas  $\text{m}^{-1}$  proporcionaram teores de N mais elevados que na população de 6 plantas  $\text{m}^{-1}$  e dentro da faixa adequada ( $30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$ ). Na população de 9 plantas  $\text{m}^{-1}$ , a cultivar IPR Campos Gerais apresentou teor de N nas folhas significativamente menor que as cultivares TAA Bola Cheia e Pérola, porém, na população de 12 plantas  $\text{m}^{-1}$  os maiores valores foram observados na cultivar TAA Bola Cheia. Em 2015, a cultivar IAC Formoso apresentou teor de N na folha significativamente maior apenas que a cultivar Pérola.

**Tabela 5.** Teor de nitrogênio nas folhas e número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura.

Tratamento	Teor de N nas folhas		Nº de vagens por planta	
	2013	2015	2013	2015
	—— (g kg <sup>-1</sup> ) ——		—— (nº planta <sup>-1</sup> ) ——	
<b>Cultivar</b>				
IAC Formoso	26,5	27,4a	11,2a	15,5a
IPR Campos Gerais	25,7	24,1ab	10,3a	14,2ab
TAA Bola Cheia	30,7	24,6ab	10,6a	13,0b
Pérola	27,5	23,8b	10,4a	14,7ab
<b>População (plantas m<sup>-1</sup>)</b>				
6	27,1	24,3a	12,4a	16,5a
9	27,9	25,4a	10,8b	13,6b
12	27,8	25,3a	8,7c	12,0b
<b>Nitrogênio</b>				
Sem	26,3b	24,8a	10,2b	14,1a
Com	28,9a	24,1a	11,0a	14,6a
Cultivar (C)	0,003	0,033	0,421	0,048
População de planta (P)	0,470	0,372	<0,001	<0,001
Nitrogênio (N)	<0,001	0,700	0,960	0,271
C x P	0,028	0,390	0,061	0,143
C x N	0,692	0,404	0,471	0,526
P x N	0,443	0,209	0,869	0,972
C x P x N	0,980	0,127	0,490	0,083
CV1 (%)	12,1	15,1	18,4	18,4
CV2 (%)	10,4	13,1	15,5	17,5

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas e dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação entre cultivar e população de planta para o teor de nitrogênio nas folhas e massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2013.

Cultivar	População de plantas (planta m <sup>-1</sup> )		
	6	9	12
Teor de N nas folhas (g kg <sup>-1</sup> )			
IAC Formoso	27,1aA	27,1abA	25,4bA
IPR Campos Gerais	26,8aA	24,9bA	25,5bA
TAA Bola Cheia	28,4aB	30,9aAB	32,9aA
Pérola	26,2aA	28,8aA	27,4bA
Massa de 100 grãos (g)			
IAC Formoso	27,4bB	28,3cAB	29,5bA
IPR Campos Gerais	30,7aA	30,3bA	30,2abA
TAA Bola Cheia	30,8aA	30,6abA	30,3abA
Pérola	30,8aA	31,9aA	31,2aA

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O número de vagens por planta foi maior com a aplicação de N, porém, somente no ano de 2013 (Tabela 5). Gurgacz (2016) avaliou número de vagens por planta da cultura do feijão comum e obteve efeito linear com a aplicação de N via solo, em três cultivos realizados. Alvarez et al. (2005) também avaliaram dois anos de cultivo e obtiveram efeito linear para o número de vagens em apenas um dos experimentos. Soratto et al. (2004) encontraram efeito linear crescente em razão de aplicação de N tanto no sistema de plantio direto como no plantio convencional. Chidi et al. (2002), Franco et al. (2008) e Soratto et al. (2011), avaliando a aplicação de N, encontraram resultados que mostram maior número de vagens por planta em função da aplicação deste nutriente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Buzetti et al. (1992), que relatam que o feijoeiro necessita de um aporte adequado de N para o crescimento, formação de vagens e grãos. Entretanto, Almeida et al. (2000), Barbosa et al. (2010) e Soratto, Alvarez e Arf (2006) não encontraram diferença estatísticas para o número de vagens por planta com a aplicação de N. Quando a disponibilidade de N é adequada na planta, ela produz maior área foliar e, conseqüentemente, maior aporte fotossintético, produzindo mais flores e número de vagens.

O número de vagens por planta foi afetado pela população de plantas em ambos os anos de cultivo e evidenciou plasticidades semelhantes das plantas de feijão das cultivares tipo II e III (Tabela 5). Nos dois anos de cultivo, a menor população de plantas (6 plantas  $m^{-1}$  ou 133.333 plantas  $ha^{-1}$ ) proporcionou as maiores médias, com diferença significativa em relação às outras populações, sendo os menores valores de número de vagens por planta obtidos com a maior população (12 plantas  $m^{-1}$  ou 266.667 plantas  $ha^{-1}$ ).

O número de vagens por planta variou entre as cultivares somente no ano de 2015 (Tabela 5). A cultivar TAA Bola Cheia, com 13 vagens por planta, apresentou o menor valor, o maior número de vagens ocorreu na cultivar IAC Formoso (15,5 vagens  $planta^{-1}$ ). Os resultados indicam que as populações de planta afetaram de forma semelhante o número de vagens por planta de todas as cultivares estudadas.

O número de grãos por vagens não teve alteração em função da aplicação de N em cobertura (Tabela 7). No ano de 2013, a população de plantas afetou o número de grãos por vagem, sendo que a menor população de plantas por área proporcionou o maior número de grãos por vagens. Ao avaliar esta variável nas

diferentes cultivares, verifica-se que nos dois anos de cultivo ocorreram diferenças estatísticas (Tabela 7). Em 2013, a cultivar Pérola apresentou menor número de grãos por vagem e a cultivar TAA Bola Cheia maior número. No ano de 2015, ocorreu interação entre cultivar e aplicação de nitrogênio em cobertura para o número de grãos por vagem. Na ausência da aplicação de N em cobertura, a cultivar IPR Campos Gerais apresentou número de grãos por vagem inferior a cultivar IAC Formoso; contudo, na presença da aplicação de N, a IPR Campos Gerais apresentou valores desta variável menor que todas as demais cultivares (Tabela 8). Apenas na cultivar IPR Campos Gerais a aplicação de N teve efeito no número de grãos por vagem, proporcionando redução nesta variável. Didonet e Costa (2004) relataram que o número de grãos não explicou satisfatoriamente as variações na produtividade de grãos em função do espaçamento, embora tenha relação direta com o número de vagens por planta. Gurgacz (2016) e Arfet al. (2004) afirmam que o número de vagens por planta e o número de grãos por vagens são afetadas pelas condições nutricionais da planta, que é dependente das condições hídricas e disponibilidade do nutriente para o desenvolvimento da mesma, discordando de Andrade et al. (1998), que afirmaram que estas características apresentam alta herdabilidade genética e pouca influência do ambiente.

A massa de 100 grãos foi aumentada pela presença de N em cobertura somente no ano de 2013 (Tabela 7).

Em 2013, as interações cultivar x população de plantas e população de plantas x aplicação de N foram significativas para a variável massa de 100 grãos (Tabela 7). Independentemente da população de plantas, a cultivar IAC Formoso apresentou a menor massa de 100 grãos, o que provavelmente está relacionado com a genética da cultivar (Tabela 6). Por outro lado, a cultivar TAA Bola Cheia apresentou maior massa de 100 grãos em maiores populações de plantas, o que, provavelmente está relacionado aos menores números de vagens por planta proporcionados pelas maiores densidades populacionais (Tabela 5). No desdobramento da interação entre população de plantas e aplicação de N para a massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2013, ficou evidente que a menor população de plantas ( $6 \text{ plantas m}^{-1}$ ), associada à ausência da aplicação de N, proporcionou resultado significativamente menor que os demais tratamentos (Tabela 9). Em 2015, ocorreu interação entre cultivar e aplicação de N para a massa de 100 grãos (Tabela 7). A cultivar IPR Campos Gerais produziu grãos mais

pesados tanto na ausência quanto na presença de N (Tabela 8). Por outro lado, apenas a massa dos grãos desta cultivar foi incrementada pela aplicação de N em cobertura. Soratto et al. (2011) obtiveram respostas positivas para aplicação de N em cobertura a massa de 100 grãos. Gurgacz (2016) avaliou a aplicação de N no solo (0, 45, 90 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N) e não ocorreu diferença para a massa de 100 grãos. A população de plantas afetou a massa de 100 grãos somente em 2015, com a população de 6 plantas por m<sup>-1</sup> promovendo maior valor que as demais.

**Tabela 7.** Número de grãos por vagem e massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura.

Tratamento	Nº de grãos por vagem		Massa de 100 grãos	
	2013	2015	2013	2015
	— (nº vagem <sup>-1</sup> ) —		— (g) —	
<b>Cultivar</b>				
IAC Formoso	4,5ab	5,0a	28,4b	28,0b
IPR Campos Gerais	4,2bc	4,5b	30,4a	30,0a
TAA Bola Cheia	4,9a	4,8a	30,6a	26,8c
Pérola	4,0c	4,8a	31,3a	27,5bc
<b>População (plantas ha<sup>-1</sup>)</b>				
6	4,6a	4,9a	29,4a	28,6a
9	4,4ab	4,7a	30,3a	27,9b
12	4,3b	4,8a	30,3a	27,8b
<b>Nitrogênio</b>				
Sem	4,4a	4,8a	29,7b	28,0a
Com	4,4a	4,7a	30,6a	28,2a
Cultivar (C)	0,029	0,004	0,001	<0,001
População de planta (P)	0,003	0,302	0,434	<0,001
Nitrogênio (N)	0,784	0,396	<0,001	0,172
C x P	0,361	0,134	0,021	0,500
C x N	0,538	0,032	0,153	0,009
P x N	0,901	0,105	0,036	0,332
C x P x N	0,681	0,317	0,196	0,247
CV1 (%)	12,53	7,74	5,4	4,4
CV2 (%)	7,54	7,25	3,9	2,8

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas e dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 8.** Desdobramento da interação entre cultivar e aplicação de nitrogênio em cobertura para o número de grãos por vagem e massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2015.

Cultivar	Adubação nitrogenada de cobertura	
	Sem	Com
Nº de grãos por vagem		
IAC Formoso	5,0aA	5,0aA
IPR Campos Gerais	4,6bA	4,3bB
TAA Bola Cheia	4,8abA	4,8aA
Pérola	4,7abA	5,0aA
Massa de 100 grãos (g)		
IAC Formoso	28,2bA	27,8bA
IPR Campos Gerais	29,4aB	30,6aA
TAA Bola Cheia	26,8cA	26,8cA
Pérola	27,4cA	27,6bcA

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha nas colunas e dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 9.** Desdobramento da interação entre população de plantas e aplicação de nitrogênio em cobertura para a massa de 100 grãos da cultura de feijão comum, no ano de 2013.

População de plantas (plantas m <sup>-1</sup> )	Adubação nitrogenada de cobertura	
	Sem	Com
Massa de 100 grãos (g)		
6	29,0bB	30,8aA
9	30,1aA	30,5aA
12	30,0abA	30,5aA

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha nas colunas e dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As populações de plantas avaliadas não interferiram na produtividade de grãos em nenhuma das cultivares estudadas, nos dois anos de cultivo (Tabela 10). Provavelmente esse fato ocorreu em função da capacidade de compensação dos componentes primários de produção do feijoeiro comum com hábitos de crescimento tipos II e III, resultando produtividades equivalentes (ARF et al., 2011). A plasticidade dos componentes de produção do feijoeiro (número de vagens por planta, número de grãos por vagens e a massa média dos grãos), podendo ocorrer interação, dependendo das condições, pode promover compensações, mantendo mais estáveis os níveis de produção do feijão (COSTA et al., 1983). Costa e Zimmerann, (1988) e Coimbra et al. (1999) relataram em seus trabalhos que os componentes de produção estão diretamente correlacionados a produtividade de grãos na cultura de feijão.

**Tabela 10.** Produtividade de grãos e rendimento de peneira da cultura do feijão comum em função da cultivar, população de plantas e aplicação de nitrogênio via solo.

Tratamento	Produtividade de grãos		Rendimento de peneira	
	2013	2015	2013	2015
	—— (kg ha <sup>-1</sup> ) ——		—— (%) ——	
<b>Cultivar</b>				
IAC formoso	1882ab	2487a	95,6a	95,1b
IPR Campos Gerais	1805b	2346a	91,7b	96,9ab
TAA Bola Cheia	2104a	2441a	97,3a	98,1a
Pérola	1978ab	2303a	89,7b	88,6c
<b>População (plantas ha<sup>-1</sup>)</b>				
6	1926a	2264a	94,3a	95,9a
9	1973a	2461a	93,7a	94,4b
12	1928a	2458a	92,8a	93,8b
<b>Nitrogênio</b>				
Sem	1932b	2290b	93,4a	94,7a
Com	2053a	2498a	93,8a	94,6a
Cultivar (C)	0,012	0,419	<0,001	<0,001
População de planta (P)	0,704	0,082	0,109	0,001
Nitrogênio (N)	<0,001	0,012	0,557	0,855
C x P	0,118	0,949	0,934	0,246
C x N	0,658	0,106	0,646	0,078
P x N	0,696	0,140	0,435	0,408
C x P x N	0,061	0,654	0,713	0,715
CV1 (%)	12,7	17,0	3,3	2,6
CV2 (%)	13,0	16,5	3,1	2,4

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas e dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nos cultivos de 2013 e 2015, ocorreram maiores produtividades de grãos quando foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura, com incrementos de 6 e 9%, respectivamente (Tabela 10). Os incrementos na produtividade de grãos proporcionados pela aplicação de N em cobertura se deveram, provavelmente, aos pequenos aumentos (em alguns casos, não significativos) proporcionado por essa prática no número de vagens por planta e na massa de 100 grãos (Tabelas 5 e 7). Gurgacz (2016) aplicou doses de N via solo e encontrou resultados de incrementos de produtividade na média dos ambientes testados. Crusciol et al. (2007), Binotti et al. (2007), Soratto et al. (2011), Mingotte et al. (2014) também verificaram aumento

na produtividade de grãos da cultura do feijão comum com a aplicação de N em cobertura.

A produtividade de grãos foi afetada pelas cultivares e variou entre 1805 a 2104 kg ha<sup>-1</sup> no ano de 2013, sendo que a cultivar mais produtiva foi a TAA Bola Cheia e a menos produtiva a IPR Campo Gerais (Tabela 10). Em 2015, as cultivares não diferiram quanto à produtividade de grãos, porém, em média as produtividades foram maiores do que no experimento anterior. Na literatura existem diversos trabalhos demonstrando a existência da interação de genótipos com o ambiente, ocorrendo diferenças no comportamento das cultivares (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1993; DUARTE; ZIMMERMANN, 1994; PIANA et al., 1999, CARBONELL; POMPEU, 2000), corroborando com estas informações. CARBONELL et al. (2001) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de produção de 12 cultivares de feijão em 24 ambientes no Estado de São Paulo, ocorrendo variações nas produtividades, mas entre elas três foram mais estáveis para o plantio das águas: FT-Nobre, FT-Bonito e Rudá.

A aplicação de N não influenciou o rendimento de peneiras (RP) nos dois anos de avaliação (Tabela 10). Resultados semelhantes aos encontrados por Soratto et al. (2011) e Fiorentin et al. (2012), que avaliaram a adubação nitrogenada em cobertura e não interferiu no rendimento de peneiras da cultura do feijão comum.

O rendimento de peneiras foi influenciado pela população de plantas apenas em 2015, sendo que o tratamento com 6 plantas m<sup>-1</sup> foi mais eficiente quando comparado com 9 e 12 plantas (Tabela 10), semelhante ao resultado observado para a massa de 100 grãos (Tabela 7).

O rendimento de peneira foi influenciado pelas cultivares nos dois anos de cultivo, com a cultivar TAA Bola Cheia apresentando valores superiores às demais, e a cultivar Pérola valores inferiores, em ambos os anos (Tabela 10). Os trabalhos encontrados na literatura corroboram os resultados obtidos, podendo-se afirmar que o rendimento de peneira esta diretamente ligada ao genótipo. CARBONELL et al. (2010) sugere em seu trabalho que as novas cultivares de feijão comum a serem lançados devem apresentar um rendimento de produção relativa superior a 70% dos grãos retido nas peneiras 13 e 14.

## 5 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada de cobertura aumentou o teor de N nas folhas, o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos em um dos anos, porém, incrementou a produtividade de grãos nos dois anos de cultivo.

A população de plantas na fileira não afetou a produtividade de grãos dos cultivares estudados.

A cultivar TAA Bola Cheia foi 11,4% mais produtiva que as demais cultivares, porém, em apenas um dos cultivos.

A cultivar TAA Bola Cheia apresentou rendimento de peneira maior que as demais cultivares nos dois anos de avaliação e menores populações de planta proporcionaram maiores rendimentos de peneira do feijoeiro comum em um dos anos de cultivo.

## REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. Características da cultura. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijoeiro comum**. Goiânia, 2007. (Sistema de produção). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- AMBROSANO, E.J. et al. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: IAC, p. 187-203, 1997 (Boletim Técnico 100).
- ANDRADE, M. J. B. et al. 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. 2, p.499-508, out./dez. 1998.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington: Association of official analytical chemistsinc., 1990. 684p.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O. (Ed.) **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio do Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).
- BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.
- BORKERT, C.M.; GAUDENCIO, C.A.; PEREIRA, J.E. Nutrientes minerais da biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance as phenotypic plasticity in plant. **Advances in Genetics**, New York, v. 13, p. 115-155, 1965.
- BRASIL. Ministério da agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, Serviço Nacional de Defesa Agropecuária/CLAV. 1992. 365p.
- BUZETTI, S. et al. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.11-19, 1992.
- CALVACHE, A. M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 54, n. 3, 1997

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.. (Org.). **Fertilidade do Solo**. 1ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v. 1, p. 375-470.

CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2067-2073, 2010.

CARBONELL, S.A.M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.2, p.69-77, 2001.

CARBONELL, S.A.M.; POMPEU, A.S. Estabilidade fenotípica de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.321-329, 2000.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 445-450, maio/jun. 2003.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 617-624, 2001.

CARPENTER, A. C., BOARD, J. E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, Madson, v. 37, p. 1520-1526, 1997.

CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Condiciones de campo para realizar las evaluaciones del germoplasma del frijol**. Cali, 1976. 11p.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, S.M.M.; MARCHIORO, V.S. Análise de trilha I: Análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p.213-218, 1999.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

COSTA, J.G.C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.159-167, 1983.

COSTA, R. S. S. et al. População de plantas e nitrogênio para feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto: Mossoró: **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 39-45, out./dez. 2009

COSTA, J.C.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós . 1988. p. 229-245.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007

CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, Formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 80-86, jan./mar. 2011

DIDONET, A. D. Ecofisiologia e rendimento potencial do feijoeiro. In: DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. (Ed.). **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 9-37.

DIDONET, A. D.; COSTA, J. G. C. População de Plantas e Rendimento de Grãos em Feijoeiro Comum de Ciclo Precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.2, p.105-109, maio/ago. 2004.

DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.25-32, 1994.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 88, p. 97-185, 2005.

FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. & VITTI, G.C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, IPNI, 2007. p.445-486.

FIORENTIN, C. F. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2825-2836, 2012.

GURGACZ, T. E. K. **Produtividade e qualidade de grãos da cultura do feijão em função do uso de fertilizante nitrogenado de liberação lenta via foliar**. 2016. 57f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdades de Ciências Agrárias, Universidade estadual Paulista, Botucatu. 2016.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. New York: Academic, 1977. 892p.

HORN, F. L. et al. Avaliação de Espaçamentos e Populações de Plantas de Feijão Visando à Colheita Mecanizada Direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 41-46, jan. 2000.

JADOSKI, S. O. et al. População de Plantas e Espaçamento entre Linhas do Feijoeiro Irrigado. I: Comportamento Morfológico das Plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, jul./ago. 2000.

LUCAS, E.O.; MILBOURN, G.M. The effect of density of planting on the growth of two *Phaseolus vulgaris* varieties in England. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 87, p. 88-89, 1976.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p

NAPOLEÃO, R. et al. Efeito do espaçamento e da cultivar de feijoeiro sobre a intensidade do mofo-branco e a sanidade de sementes. *Summaphytopathologica*, Botucatu, v.32, n.1, p. 63-66, jan./mar. 2006.

OLIVEIRA, P. **Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão sobre palhadas de cobertura do solo**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2010 (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 189).

PIANA, C.F.B. et al, Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.553-564, 1999.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. et al, (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-137.

RAIJ, B. van. et al, **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B. Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 40, n.229, p.272-280, 1993.

RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras,UFLA/FAEPE. 2002. 99 p.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S. et al (ed.). **Cultura do Feijoeiro comum no Brasil**. Potafós, Piracicaba, 1996. p. 353-385.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações Agrônomicas**, n.68, dezembro 1994. 16p.

SANT'ANA, E. V. P., SILVEIRA, P. M.; Crescimento do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Influenciado por Doses de Nitrogênio em Cobertura. Goiânia, GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 134-140, jun. 2008.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do Rendimento e Desenvolvimento do Feijoeiro de Porte Ereto Sob Diferentes Densidades Populacionais. **Bragantia**, Campinas, v.59, n. 2, p.181-187, 2000.

SILVA, A.J. da.**Respostas de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à Adubação Nitrogenada**. 1988. 85f. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1988.

SILVA, C. C. et al. **Arranjos Espaciais de Plantas de Feijoeiro Comum de Diferentes Tipos de Crescimento**. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 40 p. 2008 (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos).

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, n. 11, p. 1269-1276, nov. 1993.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n.2, p. 259-265, 2006.

SORATTO, R. P.; ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O. Fontes e níveis de nitrogênio para o feijoeiro cultivado em sucessão à soja em plantio direto. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, n.3, p. 259-270, 2006.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n.2, p. 223-228, 2006.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 211-218, 2005.

SORATTO, R. P. et al. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2019-2028, 2011.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A.M.; SANTOS, L. A.; JOB, A.L.G. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - Macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1027-1042. 2013.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Age of no-till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, p. 809-820, 2014.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Densidades de Semeadura e Níveis de NPK e Calagem na Produção do Feijoeiro sob Plantio Convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, mar. 2008.

STONE, L. F.; **Método de diagnóstico de lavouras com base nos componentes da produtividade: caso do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 28p. 2004. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos).

STONE, L.P., PEREIRA, A.L. Sucessão Arroz-Feijão por Aspersão. Efeitos de Espaçamento entre Linha, Adubação e Cultivar no Crescimento, Desenvolvimento Radicular e Consumo D'Água do Feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.939-954, jun. 1994.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Limites de competição dos componentes da produtividade de grãos da cultivar do feijoeiro-comum cv. Pérola. **BioscienceJournal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 83-88, Abr./Jun. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TEIXEIRA, C. M. et al. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 499-505, Jul/Set, 2005

TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência. Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2 p. 399-408, abr./jun. 2000.

XAVIER, M.A. **Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto**. 2002. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo, 2002.