

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E QUALITATIVOS DE
CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM SOB
MONITORAMENTO E MANEJOS DE FORNECIMENTO DE
NITROGÊNIO UTILIZANDO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL**

Vinicius Augusto Filla

Engenheiro Agrônomo

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E QUALITATIVOS DE
CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM SOB
MONITORAMENTO E MANEJOS DE FORNECIMENTO DE
NITROGÊNIO UTILIZANDO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL**

Discente: Vinicius Augusto Filla

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2019

F484a

Filla, Vinicius Augusto

Atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum sob monitoramento e manejos de fornecimento de nitrogênio utilizando clorofilômetro portátil / Vinicius Augusto Filla. -- Jaboticabal, 2019

56 f. : il., tabs., 4 v. + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leandro Borges Lemos

1. Agricultura. 2. Feijão. 3. Adubos e fertilizantes. 4. Sustentabilidade. 5. Plantas Efeito do nitrogênio. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



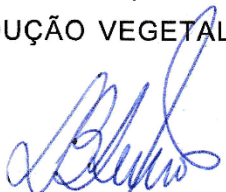
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

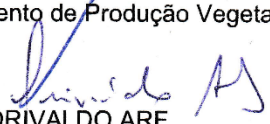
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E QUALITATIVOS DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM SOB MONITORAMENTO E MANEJOS DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO UTILIZANDO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL

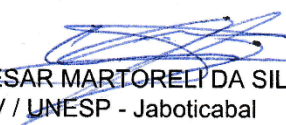
AUTOR: VINICIUS AUGUSTO FILLA

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

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


Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS
Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-FEIS/UNESP / Ilha Solteira/SP


Prof. Dr. CÉSAR MARTORELI DA SILVEIRA
CTA / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de junho de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VINICIUS AUGUSTO FILLA – Filho de Maria Monica Lasca Filla e Vitorio Filla Neto, nasceu na cidade de Araraquara, São Paulo, no dia 18 de agosto de 1994. Em março de 2012 entrou no curso de graduação de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, com conclusão realizada em janeiro de 2017. Durante a graduação, foi membro do grupo de pesquisa CSME (Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico) e bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), desenvolvendo o projeto intitulado “Óxidos de ferro da fração argila e emissão de CO₂ de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar”. Realizou estágio curricular obrigatório na Stoller do Brasil, em Cosmópolis/SP, na área de Pesquisa e Desenvolvimento. Em março de 2017 ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com conclusão realizada em junho de 2019.

Epígrafe

“A fé e a razão constituem como que as duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade. Foi Deus quem colocou no coração do homem o desejo de conhecer a verdade e, em última análise, de O conhecer a Ele, para que, conhecendo-O e amando-O, possa chegar também à verdade plena sobre si próprio.” (São João Paulo II - *Fides et ratio*, 1998)

“Todos os homens, por natureza, desejam saber.” (Aristóteles)

Aos meus avós paternos, Orval Filla (*In memoriam*) e Neide Filla e maternos, João Aparecido Lasca e Therezinha Arnoni Lasca.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora do Carmo, padroeira da Diocese de Jaboticabal e ao meu Anjo da Guarda, por orientarem minha vida e minhas ações em todos os momentos.

Aos meus pais, Vitorio Filla Neto e Maria Monica Lasca Filla por todo amor que me oferecem e proporcionarem oportunidade para ter uma boa formação desde minha infância até hoje.

À minha irmã, Milena Cristina Filla, pelo companheirismo e orientações.

A meus avós paternos, Orval Filla (*In memoriam*) e Neide Filla e maternos, João Aparecido Lasca e Therezinha Arnoni Lasca pela presença, amor e amparo.

A todos os meus familiares, pela preocupação, amor e orações.

Ao meu orientador, Leandro Borges Lemos, pelos ensinamentos, pela orientação, pela amizade, pela disponibilidade e boa vontade em estar ao lado de seus orientandos, tratando-os não somente como estudantes, mas como amigos.

À docente Carolina Fernandes e aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, Cláudia e Aauto, pela amizade e pelos conselhos.

Aos meus amigos/irmãos(ãs): Matheus Flavio da Silva, Anderson Prates Coelho, Mariele Monique Honorato Fernandes, por estarem presentes desde a graduação até o mestrado, compartilhando suas vidas, alegrias, angústias, estando sempre presentes, trazendo muitos momentos de alegria e risadas.

Aos meus amigos que fiz na graduação, que permanecem em meu coração: Marcus Vinícius Marin, Clara Dégli Esposti, Caroline Maia Ferreira, Juliana Jordão Boiago, Camila Luise Potenza, Kevyn Belonssi, Franciele Quintino Mendes, Tamara Ribeiro, Larissa Costa, Anieli Baldo, Pedro Gonçalves, Natália de Castro, André Ferreira de Camargo, Amanda Manduca, Carol Franco, Laercio Santos, Romário Pimenta Gomes, dentre outros que guardo comigo.

Aos amigos que fiz durante a pós-graduação, em especial a Luiz Eduardo Tilhaqui Bertasello, Bruna Zannato, Paloma Libório, José Cruz, Patrícia Cruz, Maria Heloisa Moreno Julião, Hugo Miranda Faria, Vinícius Marchioro, Danilo Tedesco, Aline, Giovanna Sarri Silva, Sandra Passos e fora do ambiente acadêmico, em especial, Felipe Casoni.

Ao Roberto Carvalheiro e Liziane de Figueiredo Brito e seus queridos filhos, Fernando, Mari e Lê, pela amizade e auxílio durante a pós-graduação.

Ao Grupo Universitário de Oração “Maria, Cheia de Graça”, às missionárias da Campanha da Mãe Peregrina do Movimento Apostólico de Schoenstatt, aos membros do TLC (Treinamento de Liderança Cristã) de Jaboticabal, às monjas Carmelitas do Mosteiro *Flos Carmeli* e aos padres Adilson Vieira e Marciel Silva de Lima pelas orações, amizade e fortalecimento espiritual durante minha caminhada na FCAV.

Aos membros do grupo SAGRIS (Sustentabilidade em Sistemas de Produção): Stefany Souza, Jordana Flôres, Adailza Guilherme Cavalcante, Flávia Meirelles, Hugo Nunes, Victor Damico D’Amiã, Fernando de Oliveira Turci, Rafael Roms, João Dorati, Suzenande Oliveira, Vinícius Cambaúva, João Deienno, Pedro Afonso Couto Júnior e em especial aos meus companheiros/irmãos dentro do grupos de pesquisa, Fábio Tiraboschi Leal, João Victor Trombeta Bettiol e Marcus Vinícius Pires Alves, presentes tanto no campo, laboratório, sem os quais não seria possível concluir esse trabalho.

Ao professor José Marques Júnior e aos membros do Grupo de Pesquisa CSME (Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico) pela amizade e pelos ensinamentos científicos que auxiliaram em minha formação acadêmica e preparação para a pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Rubens Libório (Faro-Fino) pelo auxílio no campo, laboratório e pela sinceridade, e à Mônica pela assistência e disposição.

Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão), em especial ao Marcelo Scatolin e equipe, pelo auxílio durante a implantação, condução e colheita do experimento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E por fim, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, a qual considero minha segunda casa. Lugar em que fiz amizades e recebi ensinamentos que me marcaram profundamente, nos âmbitos acadêmico e pessoal. Meu simples, mas sincero obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A cultura do feijoeiro-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	2
2.2 Adubação nitrogenada no feijoeiro-comum	4
2.3 <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> na agricultura	6
2.4 Clorofilômetro portátil no manejo da adubação nitrogenada.....	9
2.5 Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro-comum.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	32
6. REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICE	42

ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E QUALITATIVOS DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO-COMUM SOB MONITORAMENTO E MANEJOS DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO UTILIZANDO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL

RESUMO – Práticas mais sustentáveis envolvendo a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e o uso do clorofilômetro portátil no manejo da adubação têm se mostrado promissoras para aumentar a eficiência do uso de nitrogênio (N) na cultura do feijoeiro-comum. Objetivou-se monitorar manejos de fornecimento de N com o uso do clorofilômetro portátil e avaliar seus efeitos nos atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum do tipo carioca de crescimento indeterminado e determinado (IPR Campos Gerais e IAC Imperador). O experimento foi implantado no delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 2 x 9, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelas cultivares e o segundo fator pelos seguintes manejos de fornecimento de N: M_T: Testemunha sem inoculação e sem adubação de N em cobertura; M_{Riz}: Testemunha inoculada com *Rhizobium tropici* e sem aplicação de N em cobertura; M_{Riz+Clo}: Inoculação com *Rhizobium tropici* + 30 kg ha⁻¹ de N quando o índice de suficiência de N (ISN) determinado com o uso do clorofilômetro portátil for inferior a 90%; M_{Riz+Clo+Azo}: Inoculação com *Rhizobium tropici* + de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90% + aplicação de *Azospirillum brasilense* via foliar (V₄); M_{Clo}: 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M₄₅: 45 kg ha⁻¹ de N em V₄; M₉₀: 90 kg ha⁻¹ de N em V₄; M₁₃₅: 135 kg ha⁻¹ de N em V₄; M_{Ref}: 90 kg ha⁻¹ de N em V₃ + 90 kg ha⁻¹ de N em V₄. Realizou-se o monitoramento do índice de clorofila e a avaliação dos teores de N foliar ao longo do ciclo, determinação da matéria-seca da parte aérea, avaliação dos componentes de produção, produtividade e dos atributos qualitativos dos grãos de feijoeiro-comum. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando necessário as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Quando o F foi significativo para interação dos fatores, foram realizados os desdobramentos necessários. O uso do clorofilômetro portátil para o manejo de fornecimento de N no feijoeiro-comum se apresenta como alternativa viável para redução da aplicação do nutriente em cobertura, independente da cultivar utilizada. A inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* e a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* não interferem nos atributos produtivos avaliados, porém a inoculação com *R. tropici* proporciona acréscimo no teor de N foliar. A cultivar IPR Campos Gerais atingiu maiores produtividades e apresenta melhores atributos qualitativos em comparação à IAC Imperador. Os manejos de fornecimento de N proporcionam incremento do rendimento de peneira, porém não interferem nos demais atributos qualitativos dos grãos.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*, fixação biológica de nitrogênio, índice de clorofila, índice de suficiência de nitrogênio, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*

AGRONOMIC AND QUALITATIVE ATTRIBUTES OF COMMON BEAN CULTIVARS UNDER MONITORING AND NITROGEN SUPPLY MANAGEMENT USING PORTABLE CHLOROPHYLL METER

ABSTRACT – More sustainable practices involving biological nitrogen fixation (BNF) and the use of portable chlorophyll meter in fertilization management are promising to increase nitrogen (N) use efficiency in the common bean crop. This study aimed to monitor N supply managements using a portable chlorophyll meter and its effects on agronomic and qualitative attributes of Carioca-type common bean cultivars with indeterminate and determinate growth habits (IPR Campos Gerais and IAC Imperador). The experiment was carried out in a randomized block design (RBD), in a 2 x 9 factorial scheme, with four replicates. The first factor consisted of the cultivars and the second factor for the following N supply managements: Mc: Control without inoculation and without top-dressing N fertilization; M_{Rhz}: Control inoculated with *R. tropici* and without top-dressing N fertilization; M_{Rhz+Chl}: *Rhizobium tropici* inoculation + 30 kg ha⁻¹ of N when the N sufficiency index (NSI) determined using the portable chlorophyll meter is less than 90%; M_{Rhz+Chl+Azo}: *Rhizobium tropici* inoculation + 30 kg ha⁻¹ of N when NSI < 90% + foliar application of *Azospirillum brasilense* (V₄); M_{Chl}: 30 kg ha⁻¹ of N when NSI < 90%; M₄₅: 45 kg ha⁻¹ of N in V₄; M₉₀: 90 kg ha⁻¹ of N in V₄; M₁₃₅: 135 kg ha⁻¹ of N in V₄; M_{Ref}: 90 kg ha⁻¹ of N in V₃ + 90 kg ha⁻¹ of N in V₄. The chlorophyll index was monitored, and leaf N levels were evaluated throughout the cycle, shoot dry matter determination, yield components, yield and qualitative attributes of common bean grains were evaluated. The data were subjected to analysis of variance by F test and, when necessary, the means were grouped by the Scott-Knott test at 5% probability level. When F was significant for factor interaction, the necessary offsets were performed. The use of portable chlorophyll meter for N management in common bean presents itself as a viable alternative to reduce the top-dressing application of this nutrient, regardless of the cultivar used. Inoculation of seeds with *Rhizobium tropici* and foliar application of *Azospirillum brasilense* do not interfere in the productive attributes evaluated, but the inoculation with *R. tropici* increases leaf N content. The cultivar IPR Campos Gerais reached higher yields and presents better qualitative attributes compared to IAC Imperador. The N supply managements increase the sieve yield, but do not interfere with the other qualitative attributes of the grains.

Keywords: *Azospirillum brasilense*, biological nitrogen fixation, chlorophyll index, nitrogen sufficiency index, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium tropici*

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro-comum apresenta grande importância econômica e social no mundo todo. O feijoeiro-comum faz parte da base alimentar dos brasileiros, sendo um dos alimentos mais consumidos no país (Souza et al., 2013). O Brasil é o maior produtor mundial de feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), contribuindo com aproximadamente 3,12 milhões de toneladas, em uma área de 3,17 milhões de ha (Conab, 2019).

O nutriente mais extraído pela cultura é o nitrogênio (N), sendo que o manejo adequado deste macronutriente é essencial para obtenção de altas produtividades. No Brasil, a baixa eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados é atribuída às doses e épocas inadequadas de aplicação, perdas por lixiviação, desnitrificação, volatilização e erosão do solo. Entretanto, o uso indiscriminado de N pelos agricultores, a fim de não ter a produtividade reduzida, provoca o aumento de riscos de contaminação ambiental (Fageria et al., 2015), além de elevar os custos de produção.

Práticas mais sustentáveis de manejo de fornecimento do N vem sendo estudadas nos últimos anos, como a inoculação com bactérias simbióticas que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN), possibilitando incrementos de produtividade (Hungria et al., 2013). Porém, a simbiose pode apresentar diversos fatores limitantes relacionados às condições edafoclimáticas, genéticas e agrônômicas (Graham et al., 1981), que dificultam a substituição por completo do uso de fertilizantes químicos. A associação do rizóbio com bactérias promotoras de crescimento, como a *Azospirillum brasilense*, tem proporcionado incrementos produtivos, reduzindo custos e riscos ambientais (Souza e Ferreira., 2017), como a contaminação de lençóis freáticos.

Além da produtividade, os atributos qualitativos dos grãos apresentam grande relevância, pois o feijoeiro-comum é um alimento de consumo direto da população. Propriedades comerciais, como o tamanho dos grãos, são de interesse para as empresas empacotadoras, proporcionando maior remuneração aos produtores rurais. Propriedades nutricionais, como o teor de proteína bruta dos grãos são relevantes,

pois o feijoeiro-comum é uma importante fonte proteica e de nutrientes à população. Propriedades culinárias, como o tempo de hidratação e de cozimento também possuem destaque no ponto de vista comercial, pois o mercado consumidor busca um produto que proporcione maior facilidade e praticidade no preparo. Diante disso, os programas de melhoramento genético vêm buscando atender essas exigências, disponibilizando uma grande diversidade de cultivares. Porém, além do fator genético, tais atributos qualitativos também podem ser influenciados pelo sistema de produção e práticas de manejo, como o fornecimento de N.

Visando aumentar a eficiência do uso de N, pesquisas vêm demonstrando a viabilidade do uso do clorofilômetro portátil para monitoramento do teor deste nutriente e manejo da adubação em uma grande diversidade de culturas. Mediante as leituras do índice de clorofila (IC), realiza-se o cálculo do índice de suficiência de N (ISN). Este índice é obtido pela relação entre o IC nas amostras da área a ser adubada e nas folhas de plantas de uma área referência, com elevada adubação de N (Barbosa Filho et al., 2009), a fim de evitar deficiência nutricional. O clorofilômetro permite estimar de maneira indireta a concentração de clorofila das folhas, a qual apresenta significativa relação com a concentração de N, pois este nutriente é um dos principais elementos da estrutura molecular da clorofila (Taiz et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se monitorar os diferentes manejos de fornecimento de N com o uso do clorofilômetro portátil e seus efeitos nos atributos agrônômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum do tipo carioca de crescimento indeterminado e determinado (IPR Campos Gerais e IAC Imperador).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do feijoeiro-comum

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa, pertencente à família Fabaceae. É originário do continente americano, sendo localizados vestígios arqueológicos nos Estados Unidos, México e Peru (Voysest, 2000). As plantas são herbáceas, de ciclo anual e podem possuir hábito de crescimento determinado arbustivo, caracterizado pelo término do caule por uma inflorescência (tipo I), ou hábito

de crescimento indeterminado, existindo na extremidade do caule um meristema vegetativo, que permite a continuidade do crescimento, formando mais nós e entrenós, podendo ter hábito de crescimento indeterminado arbustivo (tipo II), indeterminado prostrado (tipo III) ou indeterminado trepador (tipo IV) (Fernandéz et al., 1985).

A cultura é de grande importância mundial, especialmente para a alimentação na América Latina, Ásia e África. Faz parte da base alimentar dos brasileiros, e constitui uma importante fonte proteica. Apresenta proteínas com alta qualidade, contendo aminoácidos essenciais como leucina, lisina, fenilalanina, valina, isoleucina, treonina, histidina e metionina (Ribeiro et al., 2007). Os fatores limitantes são os baixos teores de aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína (Pires et al., 2006), porém, a complementação com arroz supre essa escassez. O feijoeiro-comum é importante fonte de microminerais, como ferro, zinco, manganês, cobre e boro, sendo objetivo do melhoramento o desenvolvimento de cultivares produtivas e com teores elevados de microminerais, para biofortificação de dietas (Ribeiro et al., 2008).

Há uma grande diversidade de grupos comerciais de feijoeiro-comum no mundo. A classificação das cultivares é baseada principalmente em relação às características dos grãos, como tamanho, cor, brilho, cor do hilo e halo e são considerados os atributos à qualidade culinária (Lemos et al., 2015). O Brasil se destaca como maior produtor de feijoeiro-comum, sendo o grão do tipo comercial carioca mais produzido, caracterizado pelo tegumento bege com estrias marrons.

Além da importância social, o feijoeiro-comum apresenta grande relevância econômica no país. A área cultivada é de cerca de 3,17 milhões de hectares, proporcionando uma produção de 3,12 milhões de toneladas. Os principais estados produtores são Paraná, Minas Gerais e Goiás. No cenário produtivo, é de suma importância a agricultura familiar no fornecimento deste alimento. O cultivo é dividido em três safras: 1ª safra, ou safra “das águas”, 2ª safra ou safra “da seca” e a 3ª safra ou safra “de inverno”, que apresentam produtividades médias de 1,216, 0,793 e 1,053 t ha⁻¹, respectivamente (Conab, 2019).

Apesar de se destacar na produção deste grão, o país apresenta uma baixa produtividade média, inferior a 1 t ha⁻¹ (Conab, 2019). A baixa produtividade está associada com estresses bióticos e abióticos (Fageria, 2015), sendo as principais

limitações resultantes do baixo nível tecnológico dos produtores do país, além do cultivo em solos de baixa fertilidade (Pelegri et al., 2009). A safra de inverno apresenta maior adoção de tecnologias, como a irrigação, adubação adequadas e equilibrada população de plantas, e cultivares com alto potencial produtivo, favorecendo a obtenção de maiores produtividades, acima de 3 t ha⁻¹ (Fageria e Stone, 2004; Azevedo et al., 2008; Pelegri et al., 2009), demonstrando que o boas práticas de manejo podem proporcionar altas produtividades.

2.2 Adubação nitrogenada no feijoeiro-comum

O nutriente exigido em maiores quantidades pelas culturas é o N, sendo a carência desse elemento um dos principais fatores limitantes à produtividade do feijoeiro-comum. O N está presente no solo principalmente em formas orgânicas, em diversos compostos ou radicais da matéria orgânica e em micro-organismos do solo. Apenas uma pequena parte do N total do solo se encontra nas formas minerais, as quais são aproveitáveis pelas plantas, como o amônio (NH₄⁺) e o nitrato (NO₃⁻) (Raij, 2011).

Este elemento é encontrado na planta quase que completamente na forma orgânica (90%), tendo como principal função a estrutural (Prado et al., 2008). É constituinte de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, da molécula de clorofila, além de ser constituinte enzimático, participar de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celulares e herança genética (Malavolta et al., 1997). A deficiência de N pode provocar sintomas gerais nas plantas como o amarelecimento das folhas mais velhas, devido ao transporte de N destas folhas para as mais novas ou frutos, clorose, maturidade e senescência abreviadas, queda prematura de folhas, diminuição de flores, queda de produção e necrose (Prado, 2008).

A dinâmica deste elemento no solo é bastante complexa, tornando seu manejo mais desafiador. A forma orgânica, o amônio e o nitrato no solo são sujeitos à diversos processos, como: mineralização, que consiste na conversão do N orgânico em N mineral por meio de organismos heterotróficos, tornando-os disponíveis para as

plantas; à imobilização, sendo o oposto da mineralização; à nitrificação, que resulta na conversão de NH_4^+ em NO_3^- ; à volatilização, resultando da perda de N na forma do gás amônia (NH_3); à lixiviação, resultando na perda de nitrato juntamente com a água de lixiviação ou de drenagem; à desnitrificação, sendo a perda de N para a atmosfera pela oxidação do nitrato (Fageria, 2015).

Diante disso, as recomendações de adubação não são realizadas mediante análise de solo, sendo adotados outros métodos, como: recomendação baseada em classe de resposta esperada; reposição pelo cálculo da extração do nutriente durante o ciclo pela cultura; recomendação de adubação de acordo com a região produtiva; adubação estabelecida empiricamente pelo produtor. A adubação nitrogenada na cultura é convencionalmente realizada via semeadura e adubação em cobertura, podendo esta aplicação ser parcelada em dose única, ou parcelada em duas ou mais vezes durante o ciclo da cultura.

Os diferentes genótipos de feijoeiro-comum apresentam diferenças na absorção e uso de N, sendo uma importante estratégia para redução do custo de produção e impactos ambientais (Fageria, 2015). Eficiência de utilização pode ser definida pela quantidade de grãos produzida em relação à quantidade de N aplicado. Fageria et al. (2013) avaliaram 20 genótipos de feijoeiro-comum, cultivados em vaso, com dois níveis de N (sem aplicação e com aplicação de 400 mg N kg^{-1}). A eficiência de utilização variou de 7,3 a $19,5 \text{ mg mg}^{-1}$. Porém, o fator genótipo não é o único responsável pela eficiência da adubação nitrogenada. Fatores como doses, épocas, fontes de adubo, formas de aplicação e sistemas de produção também podem exercer influências significativas.

Soratto et al. (2005) afirmam que a aplicação de N em cobertura em feijoeiro-comum no Sistema de Plantio Direto (SPD), em estádios mais iniciais (V_4) é mais eficiente do que em estágio tardio (R_7). Os autores também concluíram que aplicações nos dois estádios proporcionaram aumento do teor de proteína dos grãos.

Meira et al. (2005) concluíram que a dose de N recomendada em cobertura para o feijoeiro-comum irrigado no sistema de plantio direto, semeado sob palhada de arroz, é de 164 kg ha^{-1} , independente da época de aplicação ($V_{4.5}$, R_5 e R_6). Barbosa Filho et al. (2005) avaliaram diferentes parcelamentos na adubação do feijoeiro-

comum comum irrigado, e concluíram que a aplicação do N parcelado em duas ou três vezes resultou em maior rendimento do que quando aplicado em dose única.

De acordo com Binotti et al. (2009), foi possível incrementar a produtividade do feijoeiro-comum de inverno em SPD com o aumento da adubação até a dose de 198 kg ha⁻¹. Segundo Crusciol et al. (2007), a adubação em cobertura proporcionou aumento de produtividade em feijoeiro-comum (1ª safra) cultivado em SPD, em sucessão à aveia-preta, até a dose de 95 kg ha⁻¹. Silveira et al. (2005) afirmam que há efeito das culturas antecedentes na produtividade do feijoeiro-comum em sucessão. Nas palhadas de braquiária, milho em consórcio com braquiária, sorgo, mombaça e estilosantes, a resposta à adubação foi linear até a dose de 120 kg ha⁻¹.

De acordo com algumas pesquisas, o feijoeiro-comum apresenta maior necessidade de adubação nitrogenada em SPD em relação ao sistema de preparo de solo convencional (Soratto et al., 2004; Farinelli et al., 2006; Farinelli e Lemos, 2010). Segundo Soratto et al. (2004), a manutenção da palhada na superfície do solo e o menor revolvimento proporcionam maior demanda de N no início do sistema, devido ao processo de imobilização, entretanto o SPD proporcionou maior eficiência de utilização do N.

Mingotte et al. (2015) e Couto Junior (2018) concluíram que a produtividade de grãos do feijoeiro-comum é influenciada pelo sistema de cultivo antecessor e pelo parcelamento do N em cobertura. De acordo com Flôres et al. (2017), o feijoeiro-comum cultivado sobre palhada de braquiária apresentou maior produtividade em relação ao cultivo sobre palha de milho solteiro e milho consorciado com braquiária. Porém, os autores também concluíram que o parcelamento da adubação de N em cobertura não influenciou os atributos produtivos da cultura, porém foi observada interação com o tipo de palhada, proporcionando aumento do número de vagens por planta.

2.3 *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* na agricultura

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é a forma mais importante da fixação do N presente na atmosfera (N₂) em amônio (NH₄⁺), através da associação simbiótica de bactérias com plantas superiores. As bactérias fornecem o nitrogênio fixado

diretamente para a planta, em troca de outros nutrientes e carboidratos. O tipo mais comum de simbiose acontece entre as espécies do gênero Fabaceae (leguminosas) e bactérias coletivamente denominadas rizóbio, dos gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium*. O processo de simbiose acontece nos nódulos formados nas raízes das plantas pelas bactérias fixadoras de N (Taiz et al., 2017).

De acordo com Martínez-Romero (2003), há uma grande diversidade de espécies de bactérias capazes de realizar simbiose com o feijoeiro-comum. A espécie predominante nos centros de origem é a *Rhizobium etli*, porém existem outras como *R. leguminosarum* pv. *phaseoli*, *R. gallicum* pv. *phaseoli*, *R. giardinii* pv. *phaseoli* e *R. tropici*. Esta última é bem adaptada às regiões tropicais, em climas com altas temperaturas e solos ácidos.

Apesar da diversidade de espécies e estirpes capazes de realizar a FBN no feijoeiro-comum, a eficiência é baixa quando comparada com outras leguminosas. As taxas de fixação de N na cultura da soja se situam entre 60 a 250 kg ha⁻¹ (Hungria et al., 2001), enquanto pesquisas mostram contribuições desde valores inferiores a 30 kg ha⁻¹ até superiores a 90 kg ha⁻¹ para o feijoeiro-comum (Westermann et al., 1991; Ruschel et al., 1982). Franzini et al. (2013), avaliando 25 genótipos de feijoeiro-comum, concluíram que, sob condições controladas de temperatura, sem limitação de água, luz e nutrientes, apenas com a FBN e o solo como fonte de N, sem a realização de adubação, não foi possível obter a mesma produção de matéria-seca de grãos, parte aérea e raiz em comparação aos genótipos adubados com ureia.

Vários fatores influenciam a FBN em países de clima tropical, como o Brasil. As altas temperaturas e a baixa umidade do solo são as principais causas de falhas na nodulação, podendo afetar todas as etapas do processo simbiótico. A acidez do solo também é relevante, podendo afetar várias etapas do processo. A seleção de rizóbios adaptados à essas condições ambientais e a adoção de práticas de manejo do solo sustentáveis, como o plantio direto, podem aumentar a eficiência da fixação de N (Hungria e Vargas, 2000).

Além disso, existem diferenças genéticas nas cultivares de feijoeiro-comum na capacidade de fixação de N (Ruschell et al., 1982). Andraus (2014), avaliando diferentes cultivares de feijoeiro-comum, concluiu que o percentual de nódulos ativos

é influenciado pelas cultivares. Também concluiu que cultivares de ciclo normal e tardio alcançam a senescência dos nódulos no estágio R₇, enquanto as cultivares precoce e semi-precoce atingiram a senescência posteriormente, no estágio R₈, proporcionando um maior período com nódulos ativos.

Devido a menor eficiência da FBN no feijoeiro-comum, há necessidade de realização da adubação nitrogenada na cultura, a fim de evitar deficiência, e proporcionar maiores ganhos de produtividade. Porém, a disponibilidade de N no solo pode inibir a FBN. De acordo com Souza et al. (2011), o acréscimo das doses de N em cobertura diminui o número e a produção de matéria seca dos nódulos. Portanto, deve-se utilizar doses que não prejudiquem o processo simbiótico. Segundo Pelegrin et al. (2009), a inoculação com rizóbio nas sementes proporcionou produtividade equivalente à adubação com 80 kg ha⁻¹, porém, quando acrescida adubação da dose de 20 kg ha⁻¹ na semeadura, a inoculação promoveu produtividade e ganho de receita líquida similar à aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A utilização de baixas doses de fertilizante nitrogenado associado à inoculação com cepas superiores de rizóbio aumentam a produtividade do feijoeiro-comum, a baixo custo (Hungria et al., 2003).

Além dos rizóbios, bactérias promotoras de crescimento vêm sendo utilizadas na agricultura, como as do gênero *Azospirillum*. A partir da década de 1970, bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundial (Döbereiner e Day, 1976), devido às pesquisas de Johanna Döbereiner, pesquisadora da Embrapa. Tais bactérias diazotróficas de vida livre são capazes de promover benefícios, como a FBN, a síntese de fito-hormônios, como o ácido indol-3-acético e atuam em mecanismos de defesa das plantas em para estresses bióticos e abióticos (Fukami et al., 2018).

Diversos estudos demonstram resultados benéficos da ação de *Azospirillum* spp. em diversas culturas, como milho e sorgo (Lin et al., 1983), trigo (Boddey et al., 1986), feijoeiro-comum (Burdman et al., 1997), soja (Cassán et al., 2009), cana-de-açúcar (Moutia et al., 2010), arroz (Ferreira et al., 2015), braquiária (Bulegon et al., 2016), dentre outras. Pode-se obter efeito sinérgico associando a inoculação com rizóbio, prática denominada co-inoculação (Hungria et al., 2015).

Há diversos modos de aplicação de *A. brasilense* além da inoculação de sementes. Garcia et al. (2016) avaliaram diferentes doses e formas de aplicação da

bactéria na cultura do arroz, como inoculação das sementes, aplicação no sulco de semeadura, pulverização no solo logo após a semeadura e pulverização foliar no início do perfilhamento, verificando que *A. brasilense* promoveu aumento de produtividade com o uso da dose de 200 ml ha⁻¹, independentemente do modo de aplicação. Porém, autores como Buzo et al. (2019) não verificaram efeito da aplicação foliar de *A. brasilense*, sendo necessária a realização de mais pesquisas relacionadas a esse tema.

2.4 Clorofilômetro portátil no manejo da adubação nitrogenada

Devido a complexa dinâmica do N no solo, o critério para definição da quantidade deste nutriente a ser aplicada nas culturas anuais é baseado na curvas de resposta da cultura, sendo a época de aplicação predeterminada, desconsiderando as fase de maior demanda, provocando menor eficiência da adubação mineral, queda de produtividade, redução do lucro do agricultor e maiores riscos de poluição ambiental (Fageria et al., 2015). Pesquisas vêm demonstrando a viabilidade do uso do clorofilômetro portátil para monitoramento do teor de N e manejo da adubação mais racional em diversas culturas, como milho (Blackmer e Schepers, 1995), arroz (Hussain et al., 2000), aveia (Coelho et al., 2018) e feijoeiro-comum (Barbosa Filho et al., 2008; Barbosa Filho et al., 2009; Maia et al., 2012, 2013, 2017; Silveira e Ferreira, 2016; Silveira e Gonzaga, 2017; Silveira et al., 2017), sendo esta prática eficiente em diferentes sistemas de manejo do solo (Soratto et al., 2004).

O N é um dos principais elementos da estrutura molecular da clorofila (Taiz et al., 2017), a qual está correlacionada com o teor de N foliar (Wolf e Floss, 2008), permitindo o uso do clorofilômetro portátil na diagnose de N da planta, de maneira não destrutiva. A medição é realizada de forma ótica, absorção da luz em comprimentos de onda característicos. Para o uso do equipamento no manejo da adubação nitrogenada, é necessário normalizar as leituras (utilizando as mesmas cultivares, ambientes de produção e condições edafoclimáticas) (Blackmer e Schepers, 1994). Para isso, é realizado o estabelecimento de uma área referência, com elevada adubação nitrogenada, a fim de evitar deficiências de N, sendo indicada a aplicação do dobro da dose de N recomendada (Hussain et al., 2000; Barbosa Filho et al., 2009).

Com a relação das leituras do índice de clorofila (IC) das amostras da área a ser adubada e o IC obtido das amostras da área de referência, é obtido o índice de suficiência de nitrogênio (ISN). Quando o percentual obtido é igual ou inferior ao índice estabelecido, recomenda-se a realização de adubação nitrogenada.

Na literatura, o ISN mais utilizado tem sido o de 90%. Barbosa Filho et al. (2008) e Barbosa Filho et al. (2009) concluíram que o uso do ISN menor que 90% foi eficiente, permitindo maior eficiência da adubação nitrogenada, permitindo economia de 60 kg ha⁻¹ de N. Maia et al. (2012) afirmaram que o ISN de 90% é mais eficiente em relação ao de 95%, otimizando a adubação. Em trabalho posterior, Maia et al. (2017) reafirmaram a adoção do ISN de 90%, sendo mais eficaz que os índices de 96 e 93%, além de concluírem que a folha diagnose mais apropriada para realização das avaliações nos estádios iniciais seria a segunda folha completamente expandida, enquanto que em estádios posteriores será a terceira folha completamente expandida.

Nos trabalhos mencionados, os autores aplicaram a dose de 30 kg ha⁻¹ quando o valor do ISN obtido foi inferior ao limite estabelecido. Entretanto, Silveira e Gonzaga (2017), recomendam a aplicação de 1,1 a 1,5 kg ha⁻¹ de N em cobertura para cada 0,1% de aumento do ISN a fim de atingir o nível do ISN indicado pelos autores de 95%. Estes sugerem a consideração de estudos econômicos com base na relação custo/benefício quando é indicado a necessidade de aplicação de pequenas doses, como por exemplo 10 a 15 kg ha⁻¹ de N.

2.5 Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro-comum

O feijoeiro-comum é um alimento de consumo direto da população, portanto os seus atributos qualitativos apresentam importância para a comercialização. A classificação em determinado grupo comercial é baseado em atributos relativos à qualidade dos grãos, englobando as propriedades comercial (cor, brilho, forma e tamanho do grão), culinária (capacidade de hidratação, tempo de cozimento, cor do caldo, sabor e textura) e nutricional (teor de proteína bruta, aminoácidos, carboidratos, sais minerais, dentre outros) (Lemos et al., 2015).

Visando atender as exigências do mercado consumidor, os programas de melhoramento genético em feijoeiro-comum têm dado atenção especial para os

atributos qualitativos. Segundo Carbonell et al. (2010), uma cultivar de feijoeiro-comum deve apresentar alta massa de 1.000 grãos (superior a 251 g), valores acima de 7 para produção relativa de grãos em peneiras 13 e 14, elevado rendimento de peneira (acima de 70%), sementes elípticas e perfil semi-achatado.

O N pode influenciar atributos qualitativos, como teor de proteína nos grãos, tempo de cozimento e tempo para máxima hidratação. Farinelli e Lemos (2010) e Amaral et al. (2016) obtiveram aumento linear crescente dos teores de proteína bruta com o acréscimo das doses de N. Porém, nem sempre o incremento da adubação nitrogenada proporciona maiores teores de proteína. Souza et al. (2016) e Flôres et al. (2017) relataram que os atributos qualitativos, como teor de proteína bruta, não foram influenciados pelas doses de N aplicado. Os resultados demonstram a existência da influência de fatores e interação genótipo x ambiente (Lemos et al., 2004).

O tempo de cozimento é outro importante atributo abordado na literatura. Devido a preferência do mercado consumidor por maior rapidez no preparo do feijão, esta característica é englobada no melhoramento genético da cultura. Silva et al. (2006) relataram aumento linear do tempo de cozimento em função da aplicação de N. Amaral et al. (2016) também ajustaram um modelo linear crescente para o tempo de cozimento em relação às doses de N em cobertura.

Farinelli e Lemos et al. (2010) observaram diferentes comportamentos para o tempo de cozimento quando comparados o sistema de preparo convencional (SC) e o sistema de plantio direto (SPD). No SC, ajustou-se um modelo de segundo grau, notando-se aumento do tempo de cozimento até a aplicação de 88 kg ha⁻¹, ocorrendo posterior redução com o aumento da dose de N, enquanto para o SPD foi ajustado modelo linear decrescente, com redução do tempo de cozimento com o aumento da adubação em cobertura, indicando a influência da interação genótipo x ambiente para este atributo.

O tempo de máxima hidratação também apresenta relevância no melhoramento genético, visto que menores tempos resultam em maior praticidade no preparo culinário. Na culinária brasileira, os grãos de feijão são submetidos à embebição na noite anterior ao cozimento, em um período aproximado de 12h (Lemos et al., 2004; Farinelli e Lemos, 2010). Farinelli e Lemos et al. (2010) observaram aumento no tempo

de máxima hidratação até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Porém, outros autores não observaram influência das doses de N para este atributo (Amaral et al., 2016; Flôres et al., 2017; Damião, 2017). A capacidade de absorção de água pode ser influenciada pela cultivar (Lemos et al., 2004), ambiente (Carbonell et al., 2003) e pelo tempo de armazenamento (Rios et al., 2003), sendo o tempo de hidratação outro atributo que sofre influência da interação genótipo x ambiente (Silva et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2016/2017, na safra “de inverno” (3ª safra), no município de Jaboticabal/SP, localizado na latitude de 21° 14’ 59” S, longitude de 48° 17’ 13” W e altitude média de 575 m. O clima é classificado como Aw, segundo classificação de Köppen (tropical úmido com estação chuvosa no verão e inverno seco). O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, (Santos et al., 2013), de textura argilosa, e o relevo é suave ondulado, com declividade de 6%.

A área experimental encontrava-se no primeiro ano do sistema de plantio direto (SPD). Para implantação do SPD foi realizada a escarificação do solo, seguida pela aplicação de calcário para correção da acidez, com posterior incorporação com arado de discos e duas gradagens niveladoras. O milho ADR-300 (*Pennisetum americanum* L.) foi semeado em 12/12/2016 na densidade de 14 kg ha⁻¹ com espaçamento 0,45 m entre linhas, visando a formação de palhada. Foi realizada a dessecação aos 60 dias após a emergência (DAE) das plântulas, utilizando-se de glifosato potássico na dosagem de 1,3 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo. Em seguida, foi realizada a trituração da cultura utilizando triturador de palha mecanizado, proporcionando 5,1 t ha⁻¹ de matéria-seca de palhada.

Os atributos químicos de fertilidade do solo e a granulometria foram determinados na camada de 0,00 - 0,20 m de profundidade, anteriormente a semeadura do feijoeiro-comum. Os resultados foram pH (CaCl₂) = 5,5; MO = 25 g dm⁻³; P (resina) = 45 mg dm⁻³; K = 4,0 mmolc dm⁻³; Ca = 45 mmolc dm⁻³; Mg = 14 mmolc dm⁻³; S = 8 mg dm⁻³; B = 0,21 mg dm⁻³; Cu = 0,8 mg dm⁻³; Fe = 25 mg dm⁻³; Mn = 2,8

mg dm⁻³, Zn = 0,2 mg dm⁻³, H+Al = 16 mmol_c dm⁻³; CTC = 56 mmol_c dm⁻³; V = 72%, argila = 540 g kg⁻¹; silte = 230 g kg⁻¹ e areia = 230 g kg⁻¹.

O experimento foi implantado no delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 2 x 9, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pelas seguintes cultivares do grupo comercial carioca: IPR Campos Gerais, de hábito de crescimento indeterminado tipo II e ciclo médio (85 dias da emergência à maturidade fisiológica), e IAC Imperador, de hábito de crescimento determinado tipo I e ciclo precoce (75 dias da emergência à maturidade fisiológica), segundo as descrições das cultivares. O segundo fator foi constituído pelos manejos de fornecimento de N apresentados na Tabela 1. A aplicação de *Rhizobium tropici* foi realizada via inoculação nas sementes, a aplicação de *Azospirillum brasilense* foi realizada via pulverização foliar durante o estágio V₄. A dose de 90 kg ha⁻¹ de N em V₄ foi adotada segundo recomendação do Boletim 100 para classe de alta resposta esperada, devido ao cultivo anterior com gramíneas e a presença de irrigação (Ambrosano et al., 1997). Para o manejo referência (M_{Ref}), foi utilizado o dobro da dose recomendada (Barbosa Filho et al., 2009), visando evitar a deficiência de N. A dose de 30 kg ha⁻¹ de N e o ISN de 90% foram definidos com base nos resultados de Maia et al. 2017.

Tabela 1. Descrição dos manejos de fornecimento de N avaliados.

Fornecimento	Descrição
M _T	Testemunha sem inoculação e sem adubação de N em cobertura
M _{Riz}	Testemunha inoculada com <i>R. tropici</i> sem adubação de N em cobertura
M _{Riz+Clo}	<i>R. tropici</i> + 30 kg ha ⁻¹ de N quando ISN < 90%
M _{Riz+Clo+Azo}	<i>R. tropici</i> + 30 kg ha ⁻¹ de N quando ISN < 90% + <i>A. brasilense</i> em V ₄
M _{Clo}	Adubação de 30 kg ha ⁻¹ de N quando ISN < 90%
M ₄₅	45 kg ha ⁻¹ de N em V ₄
M ₉₀	90 kg ha ⁻¹ de N em V ₄ ,
M ₁₃₅	135 kg ha ⁻¹ de N em V ₄
M _{Ref}	Parcelamento de 90 kg ha ⁻¹ de N em V ₃ + 90 kg ha ⁻¹ de N em V ₄

As sementes dos manejos de fornecimento de N com inoculação com *R. tropici* (M_{Riz}, M_{Riz+Clo} e M_{Riz+Azo+Clo}) foram inoculadas na noite anterior à semeadura, com inoculante líquido comercial contendo as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088. Foi utilizada a dose indicada de 200 mL para cada 50 kg de sementes, a fim de suprir a recomendação técnica baseada na legislação brasileira de 1,2 x 10⁶ células

viáveis por semente. A aplicação de *A. brasilense* via foliar foi realizada no manejo de fornecimento $M_{Riz+Clo+Azo}$ aos 31 DAE, no estágio V_4 (terceira folha trifoliada completamente expandida). Utilizou-se pulverizador costal pressurizado, com taxa de aplicação de 200 L ha^{-1} . Utilizou-se inoculante líquido comercial na dose recomendada de 200 mL ha^{-1} . O produto continha a estirpe AbV5 na concentração de 1×10^8 células viáveis por mL de inoculante. A aplicação foi realizada no período da manhã.

Em cada unidade experimental foram semeadas 6 linhas de feijoeiro-comum com comprimento de 5 m, sendo consideradas úteis as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m de cada extremidade. Como fonte de N em cobertura, utilizou-se ureia revestida com polímeros (Kimcoat[®]), contendo 45% de N, sendo aplicada em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura, com incorporação via lâmina de água por irrigação.

A sulcação e adubação de semeadura foi realizada mecanicamente, no dia 27/06/2017, utilizando 250 kg ha^{-1} do formulado 08-28-16, fornecendo 20 kg ha^{-1} de N, 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg ha^{-1} de K_2O . A semeadura das cultivares de feijoeiro-comum foi realizada manualmente no dia 28/06/2017, sob a palhada de milheto, durante a manhã. Foi utilizado o espaçamento de 0,45 m entre linhas com 15 sementes por metro. As unidades experimentais foram previamente demarcadas, e foram anteriormente separadas a quantidade de sementes necessária para cada linha em saquinhos de papel, para evitar a fim de evitar o contato das sementes dos diferentes tratamentos. Para o manuseio das sementes inoculadas com *R. tropici*, foram utilizadas luvas plásticas, a fim de impedir a contaminação dos tratamentos sem inoculante.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado com a aplicação de produtos recomendados para a cultura. A irrigação foi do tipo aspersão convencional, com turno variável de acordo com a necessidade da cultura. A lâmina de água acumulada foi de aproximadamente 550 mm. Os dados de precipitação e temperaturas mínima e máxima são apresentados na Figura 1.

Foi utilizado o clorofilômetro portátil (ClorofiLOG 1030, Falker, Brasil) para obtenção do IC e monitoramento do ISN. O equipamento analisa 3 faixas de frequência de onda, sendo dois emissores na faixa do vermelho (um próximo do tipo de clorofila A e outro para clorofila B), e um na faixa do infravermelho próximo. As

leituras foram realizadas aos 29, 36, 43 e 50 DAE, adotando o terceiro trifólio completamente expandido a partir do ápice, segundo indicação de Maia et al. (2017). A primeira leitura (29 DAE) foi realizada 11 dias após a adubação das parcelas referentes ao manejo referência (M_{Ref}). As leituras foram realizadas no período da manhã, sombreando o equipamento para evitar interferência da luz solar nas leituras. Foram escolhidas ao acaso 5 plantas na área útil da parcela, realizando uma leitura por folíolo de cada folha trifoliolada, totalizando 15 leituras por unidade experimental. Para obtenção do ISN de cada tratamento, utilizou-se a seguinte equação de acordo com a seguinte equação:

$$ISN (\%) = (IC_{UE} / IC_{Ref}) \times 100 \quad (1)$$

Em que,

IC_{UE} = Medidas dos valores das leituras do clorofilômetro obtidas em cada unidade experimental; IC_{Ref} = medidas dos valores das leituras do clorofilômetro obtida na parcela referência.

Nas situações em que o ISN obtido foi superior a 90%, não foi aplicado N em cobertura. Quando o valor se situou abaixo de 90%, realizou-se aplicação da dose de 30 kg ha⁻¹ de N, segundo recomendação de Maia et al. (2017), nos manejos de fornecimento de N $M_{Riz+Clo}$, $M_{Riz+Clo+Azo}$ e M_{Clo} . Após a determinação do IC, as folhas amostradas foram coletadas, submetidas à lavagem com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante. Posteriormente o material foi moído para determinação dos teores de N por meio da digestão ácida sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução de ácido sulfúrico.

O florescimento pleno (R_6) das cultivares IAC Imperador e IPR Campos Gerais ocorreu aos 45 DAE e 53 DAE, respectivamente. Para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), foram coletadas durante o estágio R_6 , cinco plantas consecutivas na área útil de cada parcela. As plantas foram submetidas à lavagem, posteriormente colocadas para secagem em estufa de circulação forçada a 65 °C, até atingirem massa constante e pesadas. As cultivares IAC Imperador e IPR Campos Gerais atingiram o estágio de maturidade fisiológica (R_9) aos 76 e 86 DAE,

respectivamente. Neste estágio foram coletadas dez plantas consecutivas para determinação dos seguintes componentes de produção: número de vagens por planta (VPP), número de grãos por vagem (GPV) e massa de cem grãos (MCG).

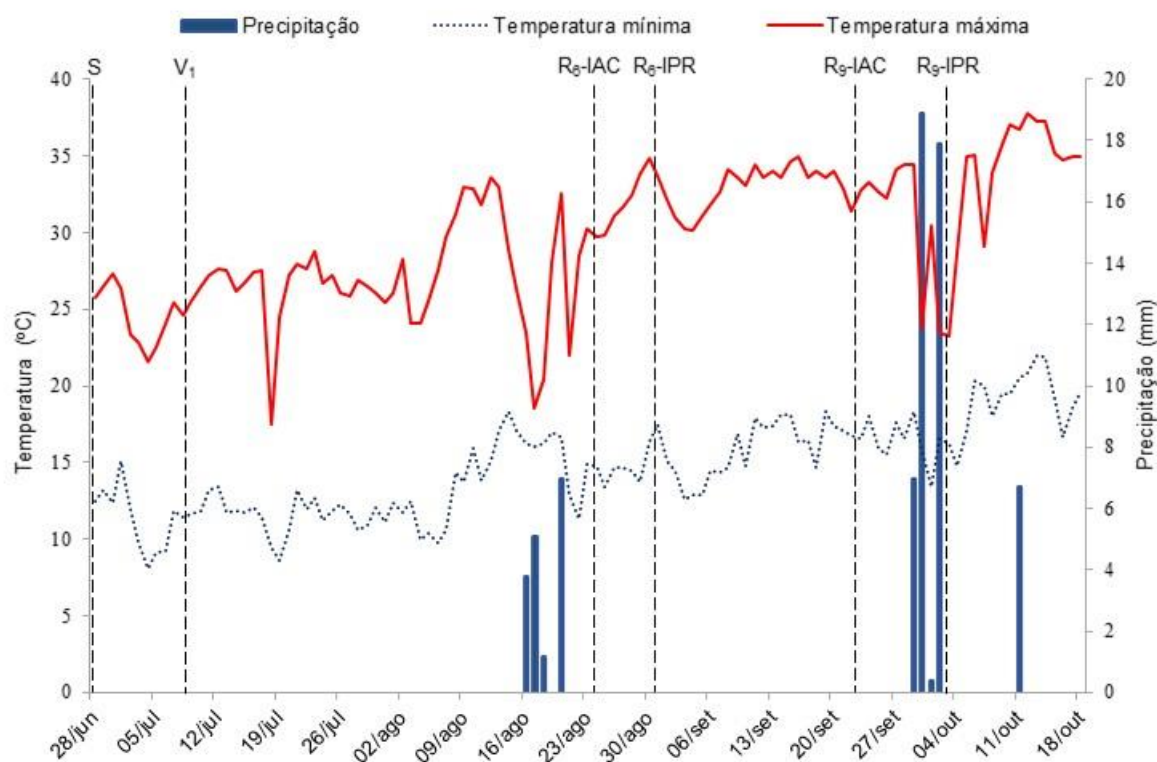


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas mínima e máxima (°C) de 28 de junho a 18 de outubro de 2017. S = semeadura; V₁ = emergência das plântulas; R₆ = florescimento pleno; R₉ = maturidade fisiológica. IAC = IAC Imperador; IPR = IPR Campos Gerais.

A colheita foi realizada mediante o arranquio manual das plantas presentes em duas linhas da área útil de cada parcela. Após a secagem ao sol, foi realizada trilha mecanizada. Para obtenção da produtividade, determinou-se a umidade dos grãos, obtendo-se os valores em kg ha⁻¹, após padronização para 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida. A eficiência agronômica (EA) foi obtida pela seguinte equação:

$$EA = (PG_{CF} - PG_{SF}) / (QF) \quad (2)$$

Em que,

PG_{CF} = produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{SF} = produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; QF = quantidade de N aplicado, sendo os resultados expressos em $kg\ kg^{-1}$.

Posteriormente à colheita, amostras dos grãos foram acondicionados em sacos de papel e armazenados em temperatura ambiente, para a realização das avaliações dos seguintes atributos qualitativos: rendimento de peneira (RP), teor de proteína bruta (TPB), tempo de cozimento (TCoz), tempo para máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH).

Para obtenção do RP, os grãos foram classificados em tamanho pela passagem com agitação manual em conjunto de peneiras de crivos oblongos 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm), 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm), sendo denominadas RP11, RP12, RP13, RP14 e RP15, respectivamente. O percentual de grãos retidos foi calculado pela relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso da amostra total de cada repetição. O somatório do percentual de grãos retidos nas peneiras RP12, RP13, RP14 e RP15 resultou no valor para $RP \geq 12$. Após a determinação do rendimento de peneira, as amostras de grãos da peneira 12 (RP12) foram utilizadas para obtenção dos demais atributos qualitativos.

Para a determinação do TPB, uma pequena amostra dos grãos foi moída e posteriormente submetida à análise química para determinação das concentrações de N por meio de digestão ácida sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução de ácido sulfúrico.

O tempo de cozimento foi obtido com o auxílio do cozedor de Mattson adaptado, descrito por Durigan (1979), que consta de 25 estiletes verticais, com peso de 90 g cada, terminados em ponta de 1/16". A ponta apoia-se nos grãos de feijão durante o cozimento, e quando o grão se encontra cozido, a ponta penetra-o, deslocando o estilete. O tempo para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1 dos estiletes, ou seja, 13 estiletes, foram deslocados. Para realização dessa avaliação, os grãos foram previamente hidratados em água destilada por um período de 12 horas. Durante a condução do teste, a temperatura da água foi mantida a 96 °C. Em função do tempo

de cozimento, foi verificado o nível de resistência dos grãos ao cozimento, sendo adotada a escala de Proctor e Watts (1987).

Para a determinação da capacidade de hidratação dos grãos, foi utilizada uma proveta com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, e béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer, foi colocada uma amostra de 50 grãos de feijão, previamente selecionados, adicionando-se 200 mL de água destilada. A cada 2 horas, em um intervalo de 18 horas, foram feitas as determinações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo a água do béquer para a proveta. Após a última determinação, a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. Não foram detectados grãos com casca dura. A relação de hidratação foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. Foi aplicado o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o tempo de máxima hidratação dos grãos de feijão.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e quando necessário as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Quando o F foi significativo para interação dos fatores, realizou-se os desdobramentos, utilizando o software AgroEstat® (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentado o índice de suficiência de nitrogênio (ISN) para os manejos de fornecimento de N em função de épocas de avaliação e cultivares de feijoeiro-comum. A partir das curvas de ISN obtidos em 4 épocas (29, 36, 43 e 50 DAE), foi possível monitorar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura.

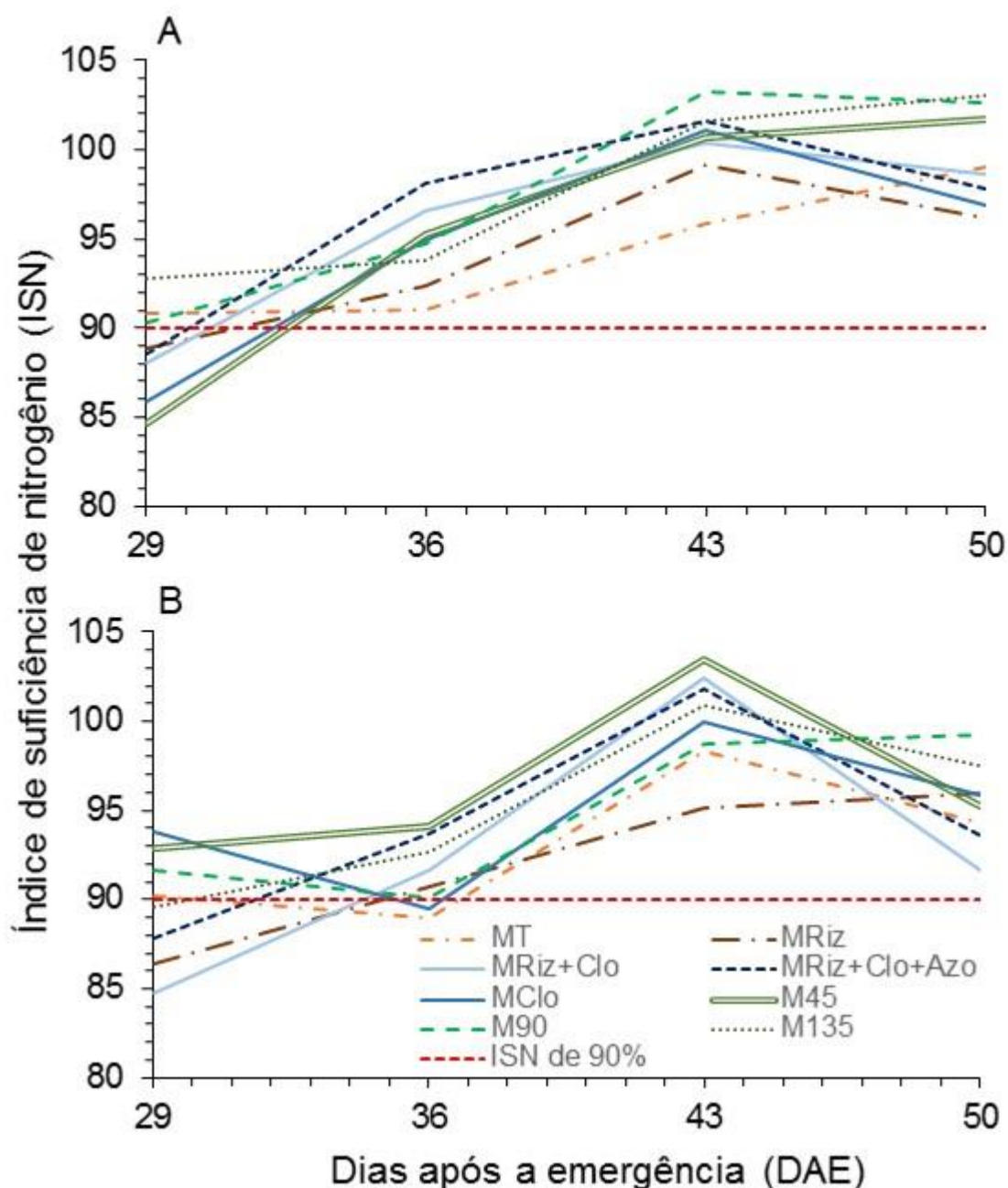


Figura 2. Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) das cultivares IPR Campos Gerais (A) e IAC Imperador (B) em diferentes épocas de avaliação em função do manejo de fornecimento de nitrogênio (N). M_T : Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz} : Testemunha inoculada com *R. tropici*; $M_{Riz+Clo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; $M_{Riz+Clo+Azo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90% + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄); M_{Clo} : adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{45} : 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{90} : 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{135} : 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); $M_{Ref.}$: manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

Na primeira avaliação, aos 29 DAE, todos os manejos de fornecimento de N definidos para o uso do clorofilômetro ($M_{Riz+Clo}$, $M_{Riz+Clo+Azo}$ e M_{Clo}) da cultivar IPR Campos Gerais apresentaram ISN abaixo de 90% (Figura 2A), sendo realizada adubação de cobertura da dose estabelecida de 30 kg ha^{-1} de N no dia seguinte à avaliação. Para a cultivar IAC Imperador (Figura 2B), apenas o M_{Clo} não apresentou ISN abaixo de 90% nesta data. Entretanto, na semana seguinte, aos 36 DAE, foi verificado ISN inferior ao estabelecido para este manejo, realizando-se a aplicação de 30 kg ha^{-1} de N em cobertura.

Os valores de ISN de ambas cultivares de feijoeiro-comum para cada manejo de fornecimento de N foram crescentes ao longo das épocas de avaliação, atingindo maior valor aos 43 DAE, posteriormente se estabilizando ou decrescendo (Figura 2). Essa tendência pode ser justificada pela proximidade do florescimento. Após essa fase o teor de clorofila nas folhas estabiliza-se devido à contribuição da FBN, a redistribuição do nutriente para outros órgãos da planta como estruturas reprodutivas, e pelo efeito de diluição, por ocorrer grande acúmulo de MS pelas plantas (Maia et al. 2013). A diminuição mais acentuada do ISN em manejos de fornecimento de N da cultivar IAC Imperador (Figura 2B) é atribuída ao ciclo mais curto, por ser uma cultivar precoce, estando mais adiantada na escala fenológica em relação à IPR Campos Gerais (Figura 2A).

Ao longo do ciclo do feijoeiro-comum, o ISN (Figura 2) e o índice de clorofila (IC) (Tabela 2) dos manejos de fornecimento M_T e M_{Riz} também apresentaram crescimento, apesar da ausência de adubação de N em cobertura. Tal comportamento pode ser explicado pela mineralização dos resíduos vegetais provenientes da cultura antecessora (milheto) e pela FBN promovida por bactérias fixadoras de nitrogênio presentes naturalmente no solo, devido a área experimental ter histórico de cultivo com feijoeiro-comum, e inseridas pela inoculação no caso do manejo de fornecimento M_{Riz} . A FBN é favorecida em condições com menor disponibilidade deste nutriente, pois a oferta de N mineral no solo pode resultar na redução da FBN (Saturno et al., 2017). De acordo com Barros et al. (2013), a adubação de semeadura com 20 kg ha^{-1} de N associada à inoculação não inibe a nodulação, e propicia acréscimo de MSPA e produtividade, em comparação ao manejo somente inoculado, ou somente com adubação de semeadura.

Tabela 2. Comparação do Índice de Clorofila (IC) e do teor de nitrogênio (N) foliar (g kg^{-1}) nas diferentes épocas de avaliação em cobertura e manejos de fornecimento de nitrogênio para as cultivares IPR Campos Gerais e IAC Imperador.

Variáveis	IC				Teor de N foliar			
Época	29 DAE	36 DAE	43 DAE	50 DAE	29 DAE	36 DAE	43 DAE	50 DAE
Cultivar								
IPR Campos Gerais	38,0aC	38,1aC	44,2bA	39,7aB	31,3C	39,8B	44,1A	40,3B
IAC Imperador	37,6aB	38,2aB	45,2aA	38,3bB	31,6C	38,1B	42,5A	39,1B
Manejo de fornecimento de N								
M _{Ref}	41,9aB	40,7aB	44,6A	39,9B	41,2aA	44,1aA	46,3aA	43,8aA
M ₁₃₅	38,2bB	37,9bB	45,1A	40,0B	30,7bD	36,5bC	47,1aA	43,5aB
M ₉₀	38,1bC	37,6bC	45,0A	40,3B	30,9bD	36,6bC	44,9aA	40,3bB
M ₄₅	37,1bB	38,5bB	45,5A	39,3B	32,3bC	36,8bB	44,5aA	39,1bB
M _{Clo}	37,6bB	37,5bB	44,8A	38,5B	30,7bC	38,5bB	44,9aA	38,8bB
M _{Riz+Clo+Azo}	36,9bB	39,0aB	45,4A	38,2B	30,7bC	42,8aA	42,2bA	37,0bB
M _{Riz+Clo}	36,2bB	38,3bB	45,2A	38,0B	29,3bC	42,4aA	42,1bA	36,8bB
M _{Riz}	36,7bB	37,2bB	43,3A	38,3B	29,8bB	37,1bA	40,4bA	39,7bA
M _T	37,9bB	36,6bB	43,3A	38,6B	27,7bB	35,4bA	37,6cA	38,3bA
Teste F								
E		166,1**				149,6**		
C		0,4 ^{ns}				6,6*		
FN		5,2**				16,0**		
E X C		4,3**				1,2 ^{ns}		
E X FN		1,6*				3,9**		
C X FN		0,7 ^{ns}				0,5 ^{ns}		
E X C X FN		0,8 ^{ns}				0,8 ^{ns}		
CV (%)		5,3				9,0		
Média Geral		39,9				38,4		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). DAE - Dias após a emergência. M_T: Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz}: Testemunha inoculada com *R. tropici*; M_{Riz+Clo}: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Riz+Clo+Azo}: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90% + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄); M_{Clo}: adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M₄₅: 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₉₀: 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₁₃₅: 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{Ref}: manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

Os teores de N foliar apresentaram tendências semelhantes ao IC, com incremento dos valores com o passar do tempo, atingindo os maiores valores aos 43 DAE para ambas cultivares, no início da fase reprodutiva (Tabela 2). Na última avaliação também se constatou redução dos teores de quase todos os manejos, devido ao efeito de diluição e redistribuição do nutriente para outros tecidos da planta.

Os teores de N dos manejos de fornecimento M_T e M_{Riz} , apesar da ausência de adubação em cobertura, também foram crescentes até a segunda avaliação, estabilizando-se posteriormente. Para M_{Ref} , a manutenção do teor de N foliar até a última época pode ser atribuída à elevada dose de N em cobertura (parcelamento de 180 kg ha^{-1} em duas aplicações), disponibilizando grande quantidade do nutriente para a planta, capaz de compensar o efeito de diluição.

Observa-se também incremento dos teores de N foliar em resposta aos manejos de fornecimento de N dentro de cada época de avaliação (Tabela 2). Aos 29 DAE, os manejos de fornecimento de N não apresentaram diferenças para o teor de N foliar, sendo apenas M_{Ref} superior aos demais, com média de $41,2 \text{ g kg}^{-1}$, devido a adubação antecipada de 90 kg ha^{-1} aos 18 DAE, no estágio fenológico V_3 (primeira folha trifoliolada completamente expandida). A partir dos 36 DAE, os manejos de fornecimento de N $M_{Riz+Clo}$ e $M_{Riz+Clo+Azo}$ se igualaram ao manejo referência, justificado pela adubação em cobertura realizada na semana anterior.

Anteriormente à terceira avaliação, foi realizada a adubação de M_{Clo} (apenas para IAC Imperador), e dos manejos convencionais (M_{45} , M_{90} , M_{135} e M_{Ref}), resultando no incremento significativo das médias do teor de N foliar destes aos 43 DAE (Tabela 2). A testemunha M_T , sem adubação de cobertura e sem inoculação das sementes, apresentou a menor média. A testemunha inoculada (M_{Riz}), foi significativamente superior à M_T nesta época, possivelmente pela resposta à inoculação das sementes com *R. tropici*. Na última época de avaliação, aos 50 DAE, verifica-se que todos os manejos de fornecimento de N apresentaram o mesmo teor de N foliar, à exceção dos que receberam as doses maiores de N em cobertura (M_{135} e M_{Ref}). Ressalta-se que ambas cultivares atingiram valores dentro da faixa recomendada para a cultura, de 30 a 50 g kg^{-1} (Ambrosano et al., 1997).

Verificou-se algumas diferenças entre os resultados dos teores de N foliar com o IC em relação aos manejos de fornecimento de N (Tabela 2), especialmente nas duas últimas épocas (43 e 50 DAE). Na terceira avaliação, aos 43 DAE, todos os IC foram estatisticamente semelhantes, enquanto os teores de N apresentaram diferenças significativas. O manejo testemunha (M_T) apresentou a menor média, sendo superado pelo manejo inoculado com rizóbio, sem adubação de cobertura (M_{Riz}), indicando que a rizobactéria promoveu incremento do teor de N foliar,

igualando-se aos manejos com adubação $M_{Riz+Clo}$ e $M_{Riz+Azo+Clo}$. Os demais manejos foram significativamente superiores. O manejo M_{Clo} se igualou estatisticamente aqueles com maiores doses de N devido a adubação deste tratamento na cultivar IAC Imperador ter sido realizada uma semana após os outros tratamentos manejados com o clorofilômetro, em função do ISN ter alcançado valor menor que 90% na segunda época de avaliação. Nota-se na Tabela 2 que M_{Clo} apresentou menor teor de N aos 36 DAE em relação à $M_{Riz+Clo}$ e $M_{Riz+Azo+Clo}$, pois nestes já havia sido realizada a adubação nas duas cultivares.

Os valores de IC de todos os manejos não diferiram estatisticamente aos 50 DAE, enquanto os teores de N de M_{135} e M_{Ref} foram superiores significativamente, conforme discutido anteriormente. Comparando-se o IC dos manejos de fornecimento de N dentro de cada época, não houve diferenças significativas entre M_T e M_{Riz} e a quase totalidade dos manejos que receberam adubação de cobertura, diferentemente dos resultados para teor de N foliar. Isso pode ser devido ao clorofilômetro ser uma técnica de medida indireta do teor de clorofila. Portanto, para a realização de leituras, deve-se estabelecer critérios adequados, como o número suficiente de amostras de plantas para garantir representatividade, e limitar o período de utilização do equipamento para fins de manejo antes do florescimento, a fim de promover melhor representatividade do estado nutricional da cultura.

A cultivar IPR Campos Gerais apresentou maior MSPA (Tabela 3), por ser uma cultivar de hábito de crescimento normal, tipo II, que continua a emitir novas estruturas vegetativas após o início da fase reprodutiva, ao contrário de cultivares precoces, que interrompem a emissão de novos ramos e folhas, além do ciclo ser mais longo. A MSPA está associada com a produtividade, absorção e acumulação de nutrientes (Fageria et al., 2015). Entre os manejos de fornecimento de N, não houve diferenças significativas para esta variável.

Avaliando os componentes de produção (Tabela 3), o número de vagens por planta (VP), atingiu valores médios de 11,0 e 11,7 para as cultivares IPR Campos Gerais e IAC Imperador, respectivamente. Apesar dos hábitos de crescimento diferentes e da interrupção da formação de novos nós no início da fase reprodutiva de cultivares precoces, como a IAC Imperador, não foram obtidas diferenças estatísticas, demonstrando bom desempenho da cultivar precoce quanto à formação de vagens.

Quanto aos manejos de fornecimento de N, aqueles sem adubação de cobertura (M_T e M_{Riz}) e com adubação estabelecida pelo clorofilômetro ($M_{Riz+Clo}$, $M_{Riz+Clo+Azo}$ e M_{Clo}) não apresentaram diferenças estatísticas para esta variável, sendo inferiores aos demais manejos com doses de N em cobertura variando de 45 a 180 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA), número de vagens por planta (VP), número de grãos por vagem (GPV), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PROD) e eficiência agrônômica (EA) do feijoeiro-comum em função das cultivares e manejos de fornecimento de nitrogênio.

Variáveis	MSPA	VP	GPV	MCG	PROD	EA
	g planta ⁻¹	-----nº-----		g	kg ha ⁻¹	kg kg ⁻¹
Cultivar						
IPR Campos Gerais	7,1a	11,0	4,8	24,2a	2.933a	15,4
IAC Imperador	4,3b	11,7	4,7	21,6b	2.120b	12,2
Manejo de fornecimento de N						
M_{Ref}	6,8	13,7a	5,0	23,8	3.160a	7,0b
M_{135}	5,8	13,1a	4,7	23,5	2.648b	5,5b
M_{90}	5,9	13,6a	4,8	22,5	2.605b	7,7b
M_{45}	5,9	12,0a	4,9	22,9	2.769b	19,1a
M_{Clo}	6,5	9,7b	4,7	22,6	2.423b	17,1a
$M_{Riz+Clo+Azo}$	5,7	10,5b	4,9	22,7	2.526b	20,6a
$M_{Riz+Clo}$	5,1	10,4b	4,6	23,0	2.493b	19,5a
M_{Riz}	4,7	9,2b	4,8	22,2	2.202c	-
M_T	4,9	9,6b	4,7	23,0	1.909c	-
Teste F						
C	60,2**	1,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	80,7**	69,3**	1,0 ^{ns}
FN	1,7 ^{ns}	4,7**	1,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	5,7**	2,59*
C X FN	0,6 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}
CV (%)	26,7	21,1	6,5	5,4	16,4	85,5
Média Geral	5,7	11,3	4,8	22,9	2.526	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). DAE - Dias após a emergência. M_T : Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz} : Testemunha inoculada com *R. tropici*; $M_{Riz+Clo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; $M_{Riz+Clo+Azo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90% + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄); M_{Clo} : adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{45} : 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{90} : 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{135} : 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{Ref} : manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

A média do GPV de ambas cultivares foi próxima a 5, não sendo influenciado pelos manejos de fornecimento de N. Esta variável é de alta herdabilidade genética,

sendo normalmente resistente às influências ambientais e manejo, como adubação nitrogenada (Soratto et al., 2004). Para MCG, verificou-se apenas diferença entre as cultivares, destacando-se a IPR Campos Gerais com grãos mais pesados, porém não houve diferenças estatísticas dentro dos manejos. Esse resultado pode ser atribuído ao balanço fonte-dreno dos fotoassimilados, pois o aumento de vagens por planta faz com que haja maior demanda de produtos da fotossíntese a serem distribuídos.

A cultivar mais produtiva foi a IPR Campos Gerais, seguida da IAC Imperador, com médias de 2.993 e 2.120 kg ha⁻¹, respectivamente. Esta variável foi influenciada significativamente pelos manejos de fornecimento de N. Os manejos sem adubação em cobertura (M_T e M_{Riz}) apresentaram os menores valores (1.909 e 2.202 kg ha⁻¹, respectivamente) não diferindo estatisticamente entre si. Essas produtividades médias estão próximas à média do estado de São Paulo, de 2.433 kg ha⁻¹ para feijoeiro-comum de outono-inverno (Conab, 2019). O fato de ambos manejos resultarem em produtividades satisfatórias pode ser justificado pela elevada fertilidade do solo da área experimental, contribuição da matéria-orgânica, mineralização dos resíduos vegetais e contribuição da FBN, devido a cultivos anteriores de feijoeiro-comum. Altos rendimentos na cultura podem ser atingidos mesmo sem adubação de cobertura, em sistema de plantio direto (Soratto et al., 2013).

A inoculação das sementes com a dose comercial de *R. tropici* e a aplicação foliar de *A. brasilense* (M_{Riz} e M_{Riz+Clo+AzO}, respectivamente) não proporcionaram aumento significativo de nenhuma das variáveis apresentadas na Tabela 3. Experimentos de campo vem demonstrando ganhos de produtividade com o uso de *R. tropici* e *A. brasilense*, com maior sustentabilidade (Hungria et al. 2013; Souza e Ferreira et al., 2017). Porém, a simbiose pode apresentar diversos fatores limitantes, relacionados às condições edafoclimáticas, genéticas e agronômicas (Graham et al., 1981), que restringem sua eficiência.

Os rizóbios são micro-organismos de vida livre, ocorrendo a sinalização entre os simbiontes, a infecção e o desenvolvimento de nódulos em condições com limitação de N. A nitrogenase, enzima catalisadora da FBN, também demanda grande investimento energético (Taiz et al., 2017). Portanto, a maior disponibilidade de N no solo, devido a elevada fertilidade da área experimental, pode ter limitado a fixação biológica, levando a uma maior economia de energia. A aplicação de fertilizante

diminui a contribuição de N pela FBN (Westermann et al., 1981). Outro fator limitante pode ter sido a ocorrência de baixas temperaturas durante a fase vegetativa, atingindo valores de temperatura mínima inferiores a 15 °C (Figura 1), com médias de 12,9 e 13,2 °C para as cultivares IAC Imperador e IPR Campos Gerais, respectivamente. Possivelmente, devido a presença de palhada e realização de irrigação, as temperaturas no solo foram inferiores em relação à superfície. Baixas temperaturas prejudicam a infecção, o desenvolvimento dos nódulos e a FBN (Gibson, 1971). Somado a isso, os rizóbios nativos também podem proporcionar produtividades equivalentes à inoculação com estirpes de rizóbio (Figueiredo et al., 2016), os quais podem competir pela ocupação dos sítios de infecção nodular.

Existem também respostas variáveis do uso de *A. brasilense* na agricultura, podendo depender da cultivar utilizada, do modo de aplicação e das condições ambientais (Buzo et al., 2019). Uma explicação à ausência de resposta pode estar relacionada ao estágio de aplicação de *A. brasilense*, que foi realizado mais tardiamente, em V₄. A inoculação na semente e a aplicação foliar em estádios inferiores (V₂, V₃) poderia proporcionar resultado diferente, favorecendo o crescimento inicial das raízes. São, portanto, necessários mais estudos em diversas condições experimentais, doses e formas de aplicação para melhor indicação da adoção dessa tecnologia dentro de cada sistema de produção e manejo do produtor rural.

A produtividade dos manejos baseados no clorofilômetro (M_{Riz+Clo}, M_{Riz+Clo+Azo} e M_{Clo}) foi significativamente superior aos manejos de fornecimento de N sem adubação de cobertura, igualando-se à dose de 135 kg ha⁻¹ de N (M₁₃₅) (Tabela 3). O manejo com o clorofilômetro proporcionou redução na necessidade de aplicação de fertilizante químico, sem redução significativa da produtividade, economizando 105 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4).

As médias da eficiência agronômica (EA) do N aplicado em cobertura das duas cultivares foi bem semelhante, havendo maior variação em função dos manejos (Tabela 3). Os manejos M_{Riz+Clo}, M_{Riz+Clo+Azo}, M_{Clo} e M₄₅ apresentaram maior EA. Este é um importante critério para definição do manejo da adubação, podendo ser influenciado pelas doses de N e pelo sistema de produção (Amaral et al., 2016). O monitoramento com o clorofilômetro portátil se demonstra como uma ferramenta útil para definição do momento de aplicação de N, evitando adubações desnecessárias,

promovendo maior eficiência, menores custos de produção e impactos ambientais (Maia et al., 2017).

O aumento da dose de fertilizantes proporciona ganhos de produtividade, com o maior valor alcançado pelo manejo M_{Ref} , com 180 kg ha^{-1} de N (Tabela 3), porém se deve levar em conta o custo-benefício, pois grande parte dos fertilizantes nitrogenados são importados.

Tabela 4. Quantidade de nitrogênio (N) aplicado por manejo de fornecimento.

Manejos	Quantidade de N aplicado		
	Semeadura	Cobertura	Total
M_{Ref}	20 kg ha^{-1}	180 kg ha^{-1}	200 kg ha^{-1}
M_{135}	20 kg ha^{-1}	135 kg ha^{-1}	155 kg ha^{-1}
M_{90}	20 kg ha^{-1}	90 kg ha^{-1}	110 kg ha^{-1}
M_{45}	20 kg ha^{-1}	45 kg ha^{-1}	65 kg ha^{-1}
M_{Clo}	20 kg ha^{-1}	30 kg ha^{-1}	50 kg ha^{-1}
$M_{Riz+Clo+Azo}$	20 kg ha^{-1}	30 kg ha^{-1}	50 kg ha^{-1}
$M_{Riz+Clo}$	20 kg ha^{-1}	30 kg ha^{-1}	50 kg ha^{-1}
M_{Riz}	20 kg ha^{-1}	-	20 kg ha^{-1}
M_T	20 kg ha^{-1}	-	20 kg ha^{-1}

M_T : Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz} : Testemunha inoculada com *R. tropici*; $M_{Riz+Clo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha^{-1} de N quando $ISN < 90\%$; $M_{Riz+Clo+Azo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha^{-1} de N quando $ISN < 90\%$ + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V_4); M_{Clo} : adubação de 30 kg ha^{-1} de N quando $ISN < 90\%$; M_{45} : 45 kg ha^{-1} de N (V_4); M_{90} : 90 kg ha^{-1} de N (V_4); M_{135} : 135 kg ha^{-1} de N (V_4); M_{Ref} : manejo referência com 90 kg ha^{-1} de N (V_3) + 90 kg ha^{-1} de N (V_4).

Apesar do clorofilômetro portátil possuir capacidade de indicar a época de aplicação de N, o equipamento apresenta limitações por não considerar o efeito de diluição pela produção de matéria verde (Pocojeski et al., 2015). Estudando a cultura do milho, Hurtado et al. (2011) afirmam que a adoção de um ISN fixo durante todo o ciclo pode não ser a estratégia mais apropriada. Silveira e Gonzaga (2017), utilizando o clorofilômetro SPAD-502, propuseram que para cada aumento de 0,1% no valor do ISN para atingir o nível adequado definido em suas pesquisas (95%), seria preciso aplicar de $1,1$ a $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em cobertura. Apesar dos resultados promissores, são necessários mais estudos para definição dos índices e doses de N mais adequadas em diferentes genótipos cultivados em diversos sistemas de produção, a fim de aprimorar o uso dessa tecnologia.

Os resultados dos atributos qualitativos referentes ao rendimento de peneira (RP) são apresentados na Tabela 5. Entre as cultivares, a IAC Imperador apresentou maior porcentagem de grãos retidos nas peneiras de menor crivo (11 e 12), destacando-se a peneira 12, com cerca de 47% de grãos retidos, enquanto a IPR Campos Gerais foi estatisticamente superior em relação às peneiras de maior crivo (13, 14 e 15), sendo que a peneira 13 apresentou maior quantidade de grãos retidos, com cerca de 44%.

Tabela 5. Rendimento de peneira (RP) determinado pela porcentagem de grãos de feijoeiro-comum retidos em peneiras de fundo oblongo em função das cultivares e manejos de fornecimento de nitrogênio.

Variáveis	Rendimento de Peneira					
	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP ≥ 12
Cultivar						
IPR Campos Gerais	8,58b	26,37b	44,10a	13,62a	1,75a	85,84a
IAC Imperador	20,20a	46,65a	20,95b	2,10b	0,24b	69,94b
Manejo de fornecimento de N						
M _{Ref}	12,51b	33,96	34,82a	10,37	1,68a	80,83a
M ₁₃₅	13,66b	34,72	31,45a	10,06	1,68a	77,90a
M ₉₀	11,62b	35,58	35,59a	10,05	0,98b	82,20a
M ₄₅	12,44b	35,03	34,61a	10,84	1,23a	81,71a
M _{Clo}	14,72b	38,24	32,71a	6,42	0,77b	78,14a
M _{Riz+Clo+Azo}	15,45a	40,13	30,96a	5,29	0,74b	77,11a
M _{Riz+Clo}	13,51b	33,95	36,97a	8,04	0,66b	79,61a
M _{Riz}	17,63a	35,54	31,20a	4,69	0,36b	71,78b
M _T	18,00a	41,45	24,40b	5,01	0,86b	71,72b
Teste F						
C	130,41**	193,75**	219,78**	91,69**	73,50**	92,53**
FN	2,21*	1,59 ^{ns}	2,51*	1,98 ^{ns}	2,91**	2,45*
C X FN	0,58 ^{ns}	2,04 ^{ns}	2,54*	2,22*	3,33**	0,87 ^{ns}
CV (%)	29,99	16,93	20,37	64,92	75,37	9,00
Média Geral	14,39	36,51	32,52	7,86	1,00	77,89

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). DAE - Dias após a emergência. M_T: Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz}: Testemunha inoculada com *R. tropici*; M_{Riz+Clo}: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Riz+Clo+Azo}: Inoculação com *R. tropici* + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄) + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Clo}: adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M₄₅: 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₉₀: 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₁₃₅: 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{Ref}: manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

A maior porcentagem de grãos retidos em peneiras de maior crivo na cultivar IPR Campos Gerais resultou em um elevado RP ≥ 12 , próximo de 86%, verificando boa qualidade de enchimento de grão, sendo superior à IAC Imperador, com cerca de 70% (Tabela 5). Essa porcentagem se enquadra próxima do valor considerado como referência pelas empacotadoras de feijão, as quais oferecem ágil (gratificação financeira) para lotes com RP acima de 70% (Carbonell et al., 2010).

O rendimento de peneira também foi influenciado pelos manejos de fornecimento de N. Os manejos testemunha (M_T e M_{Riz}) apresentaram RP ≥ 12 significativamente inferiores aos manejos com adubação nitrogenada de cobertura (Tabela 5).

Verificou-se interação entre as cultivares e os manejos de fornecimento de N para as peneiras de maiores crivos (13, 14 e 15). O desdobramento é apresentado na Tabela 6. De maneira geral, a cultivar IPR Campos Gerais se destacou em relação a IAC Imperador, sendo significativamente superior em praticamente todos os manejos.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre cultivares e manejos de fornecimento de nitrogênio para a variável rendimento de peneira.

Manejo de fornecimento de N	Rendimento de Peneira					
	RP13		RP14		RP15	
	Cultivar					
	IPR Campos Gerais	IAC Imperador	IPR Campos Gerais	IAC Imperador	IPR Campos Gerais	IAC Imperador
M _{Ref}	45,61Aa	24,04Ba	19,39Aa	1,36B	3,30Aa	0,06B
M ₁₃₅	39,65Ab	23,25Ba	18,35Aa	1,77B	3,16Aa	0,21B
M ₉₀	49,44Aa	21,73Ba	18,28Aa	1,82B	1,82Ab	0,15B
M ₄₅	39,89Ab	29,33Ba	18,93Aa	2,75B	1,95Ab	0,51B
M _{Clo}	47,24Aa	18,18Bb	10,22Ab	2,61B	1,32Ab	0,23B
M _{Riz+Clo+Azo}	44,72Aa	17,16Bb	8,76Ab	1,81A	1,34Ab	1,15B
M _{Riz+Clo}	46,98Aa	26,96Ba	13,74Aa	2,35B	0,92Ab	0,40A
M _{Riz}	48,81Aa	13,59Bb	7,82Ab	1,57A	0,65Ab	0,075A
M _T	34,41Ab	14,29Bb	7,13Ab	2,90B	1,35Ab	0,37A
F	2,29*	2,76*	4,15**	0,05 ^{ns}	6,06**	0,17 ^{ns}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). DAE - Dias após a emergência. M_T : Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz} : Testemunha inoculada com *R. tropici*; $M_{Riz+Clo}$: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; $M_{Riz+Clo+Azo}$: Inoculação com *R. tropici* + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄) + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Clo} : adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{45} : 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{90} : 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{135} : 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{Ref} : manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

Nas peneiras 13 e 14, o manejo inoculado com *R. tropici* e uso do clorofilômetro ($M_{Riz+Clo}$), com aplicação de 30 kg ha⁻¹, proporcionou rendimento de peneira estatisticamente semelhante ao manejo referência (M_{Ref}), com aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura, exceto para a peneira 14 da cultivar IAC Imperador, onde não foi verificada diferença estatística entre os manejos. Na peneira 15, apenas os manejos com maiores adubações (M_{135} e M_{Ref}) na cultivar IPR Campos Gerais foram superiores, porém as quantidades retidas foram baixas (Tabela 6).

O teor de proteína bruta (TPB) dos grãos não foi influenciado pelas cultivares, obtendo-se valores inferiores a 15% (Tabela 7). Apesar dos teores de N foliar terem sido influenciados pelos manejos de fornecimento de N, obtendo-se maiores valores nos manejos com doses mais elevadas (Tabela 2), não foi verificada influência dos manejos no TPB (Tabela 7). O maior número de vagens por planta (Tabela 3) e, portanto, a maior quantidade de grãos produzidos devido ao acréscimo das doses de N, pode ter proporcionado maior diluição do TPB.

Alguns autores não obtiveram diferenças significativas entre o TPB dos grãos em relação a doses e parcelamentos da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro-comum (Flôres et al., 2017; Souza, 2016), enquanto outros demonstraram incremento linear dos teores de proteína bruta com o aumento das doses de N (Farinelli e Lemos, 2010; Amaral et al., 2016). Esta característica pode ser influenciada não somente do manejo da adubação nitrogenada, mas também pelo local de cultivo, pelas condições ambientais e pelo fator cultivar. Tais resultados indicam existência de interação genótipo x ambiente para este atributo, sendo necessários mais estudos envolvendo diversas cultivares e ambientes produtivos.

O tempo de cozimento diferiu entre as cultivares, sendo observado valor médio de 21m44s para IPR Campos Gerais, enquanto a IAC Imperador necessitou de maior tempo, de 25m24s (Tabela 7). Ambos tempos são classificados como aceitáveis, com menos de 30 minutos para cozimento (Ramalho e Abreu, 2006) e com resistência moderada à cocção, segundo a escala de Proctor e Watts (1987). Esse é um critério importante para o melhoramento genético, pois menores tempos de cozimento resultam em maior praticidade para o preparo, sendo preferível ao mercado consumidor.

Tabela 7. Teor de proteína bruta (TPB), tempo de cozimento (TCoz), tempo de máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH) de grãos do feijoeiro-comum em função das cultivares e manejos de fornecimento de nitrogênio.

Variáveis	TPB (%)	TCoz min:seg	TMH h:min	RH -
Cultivar				
IPR Campos Gerais	14,68	21:44b	12:14	2,01a
IAC Imperador	14,45	25:24a	12:08	1,99b
Manejo de fornecimento de N				
M _{Ref}	14,55	23:37	12:03a	2,01
M ₁₃₅	15,70	24:20	11:59a	2,02
M ₉₀	14,11	22:47	12:20a	2,01
M ₄₅	14,44	22:50	12:10a	2,00
M _{Clo}	14,38	22:38	12:17a	2,01
M _{Riz+Clo+Azo}	13,89	22:12	12:15a	2,00
M _{Riz+Clo}	14,66	22:56	11:52a	2,01
M _{Riz}	14,98	25:04	12:03a	2,00
M _T	14,38	25:37	12:11a	1,99
Teste F				
C	0,65 ^{ns}	24,32 ^{**}	0,81 ^{ns}	64,21 ^{**}
FN	1,50 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,87 ^{ns}	2,66 ^{ns}
C X FN	1,13 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,90 ^{ns}
CV (%)	8,33	13,35	3,97	0,66
Média Geral	14,57	23:34	12:11	2,00

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). DAE - Dias após a emergência. M_T: Testemunha sem adubação de cobertura; M_{Riz}: Testemunha inoculada com *R. tropici*; M_{Riz+Clo}: Inoculação com *R. tropici* + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Riz+Clo+Azo}: Inoculação com *R. tropici* + aplicação de *A. brasilense* via foliar (V₄) + adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M_{Clo}: adubação de 30 kg ha⁻¹ de N quando ISN < 90%; M₄₅: 45 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₉₀: 90 kg ha⁻¹ de N (V₄); M₁₃₅: 135 kg ha⁻¹ de N (V₄); M_{Ref}: manejo referência com 90 kg ha⁻¹ de N (V₃) + 90 kg ha⁻¹ de N (V₄).

Os manejos de N em cobertura não influenciaram significativamente o tempo de cozimento (Tabela 7), corroborando com outros trabalhos (Souza, 2016; Damião, 2017). Apesar do exposto, o aumento da dose de N em cobertura pode proporcionar redução do tempo de cozimento dos grãos de feijoeiro-comum (Farinelli e Lemos et al., 2010; Carmeis Filho et al., 2014). Outros autores encontraram comportamento diferente para este atributo, pois o aumento das doses desse nutriente resultou em maiores tempos de cozimento (Silva et al., 2006; Amaral et al., 2016). A diversidade de resultados disponíveis na literatura pode indicar que este atributo, assim como o TPB, tenha diferentes expressões de acordo com a interação genótipo x ambiente.

Outro atributo qualitativo do feijoeiro-comum relevante para o mercado consumidor é o tempo de máxima hidratação (TMH). Esta variável não sofreu influência significativa das cultivares e dos manejos, sendo obtida a média de 12h14m para a cultivar IPR Campos Gerais e 12h08m para a IAC Imperador (Tabela 7). Os resultados situam-se dentro do tempo de 12h, considerado satisfatório para o consumidor brasileiro, pois a embebição é comumente realizada na noite anterior ao preparo ou cozimento (Farinelli e Lemos, 2010). A capacidade de hidratação é influenciada pelo ambiente, fator cultivar e tempo de armazenamento (Carbonell et al., 2003; Lemos et al., 2004; Ribeiro et al., 2007).

A relação de hidratação (RH) diferiu apenas entre cultivares, com valor de 2,01 para a IPR Campos Gerais e 1,99 para IAC Imperador (Tabela 7). Apesar disso, os valores estão bem próximos a 2, indicando que após 12 horas de hidratação, ou embebição, os grãos dobraram sua massa inicial, absorvendo quantidade de água semelhante à sua massa inicial, corroborando com outros trabalhos (Farinelli e Lemos, 2010; Carmeis Filho et al., 2014).

5. CONCLUSÕES

1. O uso do clorofilômetro portátil para o manejo de fornecimento de N no feijoeiro-comum se apresenta como alternativa viável para redução da aplicação do nutriente em cobertura, independente da cultivar utilizada.

2. A inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* e a aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* não interferem nos atributos produtivos avaliados, porém a inoculação com *R. tropici* proporciona acréscimo no teor de N foliar.

3. A cultivar IPR Campos Gerais atingiu maiores produtividades e apresenta melhores atributos qualitativos em comparação à IAC Imperador.

4. Os manejos de fornecimento de N proporcionam incremento do rendimento de peneira, porém não interferem nos demais atributos qualitativos dos grãos.

6. REFERÊNCIAS

Amaral CB, Pinto CC, Flôres JA, Mingotte FLC, Lemos LB, Fornasieri Filho D (2016) Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51:1602-1609.

Ambrosano EJ, Wutke EB, Bulisani EA, Cantarella H (1997) Feijão. In.: Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (Eds.) **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p. 194-195.

Andraus MP (2014) **Nodulação de cultivares de feijoeiro-comum influenciada por diferentes ciclos de crescimento**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solo e Água). UFG - Goiânia.

Azevedo JA, Silva EM, Rodrigues GC, Gomes AC (2008) **Produtividade do feijão de inverno influenciada por irrigação, densidade de plantio e adubação em solo de Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 145).

Barbosa Filho MP, Cobucci T, Fageria NK, Mendes PN (2008) Topdressing nitrogen fertilizer requirements determination for irrigated common bean, by leaf portable chlorophyll meter. **Ciência Rural** 38:1843-1848.

Barbosa Filho MP, Cobucci T, Fageria NK, Mendes PN (2009) Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia** 33:425-431.

Barbosa Filho MP, Fageria NK, Silva OF (2005) Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia** 29:69-76.

Barbosa JC, Maldonado Junior W (2015) **AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônomicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP.

Barros RLN, Oliveira LB, Magalhães WB, Médici LO, Pimentel C (2013) Interaction between rizobial inoculation and sowing nitrogen fertilization on yield of common bean crop at dry and rainy seasons. **Semina** 34:1443-1450.

Binotti FFS, Arf O, Sá ME, Buzetti S, Alvarez AC, Kamimura KM. (2009) Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia** 68:473-481.

Blackmer TM, Schepers JS (1994) Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 25:1791-1800.

Blackmer TM, Schepers JS (1995) Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture** 8:56-60.

Boddey RM, Baldani VLD, Baldani JI, Dobereiner J (1986) Effect of inoculation of *Azospirillum* spp. on nitrogen accumulation by field-grown wheat. **Plant and Soil** 95:109-121.

Bulegon LG, Guimarães VF, Laureth JCU (2016) *Azospirillum brasilense* affects the antioxidant activity and leaf pigment content of *Urochloa ruziziensis* under water stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 46:343-349.

Burdman S, Kigel, J, Okon Y (1997) Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L). **Soil Biology and Biochemistry** 29:923-929.

Buzo FS, Garé LM, Arf O, Portugal JR, Meirelles FC, Garcia NFS (2019) Interaction between thidiazuron and *Azospirillum brasilense* on yield characteristics and productivity of rice. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 23:244-249.

Carbonell SAM, Carvalho CRL, Pereira VR (2003) Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia** 62:369-379.

Carbonell SAM, Chiorato AF, Gonçalves JGR, Perina EF, Carvalho CRL (2010) Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural** 40:2067-2073.

Carmeis Filho ACA, Cunha TPL, Mingotte FLC, Amaral CB, Lemos LB, Fornasier Filho D (2014) Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga** 27:66-75.

Cassán F, Perrig D, Sgroy V, Masciarelli O, Penna C, Luna V (2009) *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology** 45:28-35.

Coelho AP, Faria RT, Dalri AB, Palaretti LF, Zanini JR (2018) Clorofilômetro portátil como forma de manejo da irrigação e adubação nitrogenada em aveia-branca. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 12:2542-2553.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2019) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Nono Levantamento**, 6(9) 125p. fevereiro/2019. Brasília: Conab, Brasília. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 7 jul. 2019.

Couto Júnior PA (2018) **Fornecimento de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em sucessão à sistemas de cultivo de milho no plantio direto**. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal). Unesp - Jaboticabal.

Crusciol CAC, Soratto RP, Silva LM, Lemos LB (2007) Nitrogen sources and rates for common bean in succession to grasses under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 31:1545-1552.

Damião VD (2017) **Sistemas de cultivo e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Unesp - Jaboticabal.

Döbereiner J, Day JM (1976) Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In.: Newton WE, Nyman CT (Eds.) **International Symposium on Nitrogen Fixation**, v. 2. Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. p. 518-538.

Durigan JF (1979) **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp - Campinas.

Fageria NK, Melo LC, Oliveira J (2013) Nitrogen use efficiency in dry bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition** 36:2179-2190.

Fageria NK, Stone LF (2004) Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:73-78.

Fageria NK, Stone LF, Santos AB, Carvalho MCS (2015) **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão. 394 p.

Farinelli R, Lemos LB (2010) Yield, agronomic efficiency, technological and nutritional characteristics of the common bean with nitrogen fertilization in no-tillage and conventional tillage. **Bragantia** 69:165-172.

Farinelli R, Lemos LB, Penario, FG, Egéa MM, Gasparoto MG (2006) Nitrogen topdressing in common bean in no tillage and conventional tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41:307-12.

Fernández F, Gepts P, López M (1985) Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In.: López M, Fernández F, Schoonhoven A (Eds.) **Frijol: Investigación y producción**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p. 61-78.

Ferreira EPB, Castro AP, Martin-Didonet CCG, Fageria NK (2015) Agronomical performance of upland rice cultivars inoculated with *Azospirillum brasilense* depends on the plant genotype. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 46:1751-1762.

Figueiredo MA, Oliveira DP, Soares BL, Moraes AR, Moreira FMS, Andrade MJB (2016) Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy** 38:85-92.

Flôres JA, Amaral CB, Pinto CC, Mingotte FLC, Lemos LB (2017) Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:195-201.

Franzini VI, Mendes FL, Muraoka T, Trevisan AR, Adu-Gyamfi JJ (2013) Biological nitrogen fixation efficiency in brazilian common bean genotypes as measured by ¹⁵N methodology. In: **Optimizing productivity of food crop genotypes in low nutrient soils**. Vienna: FAO: IAEA, p. 299-309. (IAEA Tecdoc, 1721).

Fukami J, Cerezini P, Hungria M (2018) *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express** 8:1-12.

Garcia NFS, Arf O, Portugal JR, Peres AR, Rodrigues M, Penteado MS (2016) Doses and application methods of *Azospirillum brasilense* in irrigated upland rice. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 20:990-995.

Gibson AH (1971) Factors in the physical and biological environment affecting nodulation and nitrogen fixation by legumes. **Plant and Soil** 35:139-152.

Graham PH (1981) Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: a review. **Field Crops Research** 4:93-112.

Hungria M, Campo RJ, Mendes IC (2001) **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 48 p. Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

Hungria M, Campo RJ, Mendez IC (2003) Benefits of inoculation of common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils** 39:88-93.

Hungria M, Nogueira MA, Araujo RS (2013) Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils** 49:791-801.

Hungria M, Nogueira MA, Araujo RS (2015) Soybean Seed Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A New Biotechnological Tool to Improve Yield and Sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, 6:811-817.

Hungria M, Vargas MAT (2000) Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research** 65:151-164.

Hurtado SMC, Resende AV, Silva CA, Corazza EJ, Shiratsuchi LS (2011) Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. **Ciência Rural** 41:1011-1017.

Hussain F, Bronson KF, Singh Y, Singh B, Peng S (2000) Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. **Agronomy Journal** 92:875-879.

Lemos LB, Mingotte FLC, Farinelli R (2015) Cultivares. In.: Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S (Eds.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** 1. ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 433 p.

Lemos LB, Oliveira RS, Palomino EC, Silva TRB (2004) Agronomic and technologic characteristics of common bean genotypes from Carioca commercial group. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:319-326.

Lin W, Okon Y, Hardy RWF (1983) Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Applied and Environmental Microbiology** 45:1775-1779.

Maia SCM, Soratto RP, Liebe SM, Almeida AQ (2017) Criteria for topdressing nitrogen application to common bean using chlorophyll meter. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 52:512-520.

Maia SCM, Soratto RP, Nastaro B, Freitas LB (2012) The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36:183-192.

Maia SCM, Soratto RP, Biazotto FO, Almeida AQ (2013) Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina** 34:2229-2238.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997) **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2^a ed. Piracicaba: POTAFOS. 319 p.

Martínez-Romero E (2003) Diversity of rhizobium-*Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. **Plant and Soil** 252:11-23.

Meira FA, Sá ME, Buzetti S, Arf O (2005) Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:383-388.

Mingotte FLC (2015) **Sistemas de cultivo com milho e braquiária e nitrogênio em cobertura no feijoeiro em sucessão no plantio direto**. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Unesp, Jaboticabal.

Moutia JFY, Saumtally S, Spaepen S, Vanderleydejn J (2010) Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugar cane is influenced by genotype and drought stress. **Plant and Soil** 337:233-242.

Pelegrin R, Mercante FM, Otsubo IM, Otsubo AA (2009) Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 33:219-226.

Pires CV, Oliveira MGA, Rosa JC, Costa NMB (2006) Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** 26:179- 187.

Pocojeski E, Silva LS, Kaefer S, Moro VJ, Griebeler G (2015) Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada. **Ceres** 62:310-318.

Prado RM (2008) **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp. 407 p.

Proctor JR, Watts BM (1987) Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal** 20:9-14.

Raij B (2011) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2.ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 420 p.

Ramalho MAP, Abreu AFB (2006) Cultivares. In.: Vieira C, Paula Junior TJP, Borém A (Eds.) **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 415-436.

Ribeiro ND, Jost E, Cerutti T, Mazieiro SM, Poersch NL (2008) Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia** 67:267-273.

Ribeiro ND, Londero PMG, Cargnelutti Filho A, Jost E, Poersch NL, Mallmann CA (2007) Amino acid composition in common bean cultivars and applications for genetic breeding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42:1393-1399.

Rios AO, Abreu CMP, Corrêa AD (2003) Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 23:39-45.

Ruschel AP, Vose PB, Matsui E, Tsai Saito SM (1982) Field evaluation and N₂-fixation and N-utilization by *Phaseolus* bean varieties determined by ¹⁵N isotope dilution. **Plant and Soil** 65: 397-407.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Cunha TJF, Oliveira JB (2013) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 353 p.

Saturno DF, Cerezini P, Silva PM, Oliveira AB, Oliveira MCN, Hungria M, Nogueira MA (2017) Mineral nitrogen impairs the biological nitrogen fixation in soybean of determinate and indeterminate growth types. **Journal of Plant Nutrition** 40:1690-1701.

Silva TRB, Lemos LB, Crusciol CAC (2011) Produtividade e características tecnológicas de cultivares de feijão em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Bragantia** 70:196-205.

Silva TRB, Lemos LB, Tavares CA (2006) Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41:739-745.

Silveira PM, Braz AJBP, Huberto J, Kliemann HJ, Zimmermann FJP (2005) Nitrogen fertilization of common bean grown under no-tillage system after several cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:377-381.

Silveira PM, Ferreira EPB (2016) **Índice de suficiência de nitrogênio determinado pelo clorofilômetro em feijão inoculado com rizóbio e sob adubação nitrogenada**. 1 ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

Silveira PM, Gonzaga ACO, Sarmento PHL (2017) **Passo a passo para o uso do clorofilômetro portátil na quantificação do nitrogênio a ser aplicado em cobertura no feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 4 p. (Comunicado Técnico, 236).

Silveira PM, Gonzaga ACO (2017) Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:1-6.

Soratto RP, Carvalho MAC, Arf O (2004) Chlorophyll content and grain yield of common bean as affected by nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:895-901.

Soratto RP, Crusciol CAC, Silva LM, Lemos LB (2005) Late nitrogen application on common bean in no-tillage system. **Bragantia** 64:211-218.

Soratto RP, Fernandes AM, Pilon C, Crusciol CAC, Borgui E (2013) Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48:1351-1359.

Souza AM, Pereira RA, Yokoo EM, Levy RB, Sichieri R (2013) Most consumed food in Brazil: National Dietary Survey 2008-2009. **Revista Saúde Pública** 47:190S–199S.

Souza EFC, Soratto RP, Pagani FA (2011) Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 46:370-377.

Souza JEB, Ferreira EPB (2017) Improving sustainability of common bean production systems by co-inoculating rhizobia and azospirilla. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 237:250-257.

Souza SS (2016) **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Unesp - Jaboticabal.

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.

Voysest O (2000) **Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 195 p. (Publicación CIAT no. 321).

Westermann DT, Kleinkopf GE, Porter LK, Leggett GE (1981) Nitrogen sources for bean seed production. **Agronomy Journal** 73:660-664.

Wolf WM, Floss EL (2008) Correlação entre teores de nitrogênio e clorofila na folha com o rendimento de grãos de aveia branca. **Ciência Rural** 38:1510-1515.

APÊNDICE

Apêndice A. Dados climáticos diários do experimento

Tabela 1A. Valores diários de temperatura máxima ($T_{MÁX}$), temperatura mínima ($T_{MÍN}$) e precipitação pluviométrica (P) nos meses de julho e agosto de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal/SP.

Data	Julho			Agosto		
	$T_{MÁX}$	$T_{MÍN}$	P	$T_{MÁX}$	$T_{MÍN}$	P
	°C		mm	°C		mm
1	26,4	15,1	0,0	26,1	12,4	0,0
2	23,4	12,0	0,0	28,3	11,8	0,0
3	22,8	9,8	0,0	24,1	12,5	0,0
4	21,6	8,1	0,0	24,1	10,0	0,0
5	22,5	9,1	0,0	25,6	10,4	0,0
6	24,1	9,3	0,0	27,5	9,8	0,0
7	25,4	11,9	0,0	29,7	10,6	0,0
8	24,6	11,4	0,0	31,2	14,4	0,0
9	25,6	11,7	0,0	33,0	13,7	0,0
10	26,5	11,9	0,0	32,9	15,9	0,0
11	27,2	13,2	0,0	31,8	13,9	0,0
12	27,6	13,4	0,0	33,6	15,1	0,0
13	27,5	11,8	0,0	33,0	17,1	0,0
14	26,2	11,9	0,0	28,9	18,3	0,0
15	26,7	11,8	0,0	26,3	17,1	0,0
16	27,4	12,1	0,0	23,5	16,3	3,8
17	27,5	11,4	0,0	18,5	16,0	5,1
18	17,5	9,5	0,0	20,4	16,3	1,2
19	24,5	8,6	0,0	28,1	17,0	0,0
20	27,2	10,6	0,0	32,5	16,7	7
21	28,0	13,2	0,0	22,0	12,9	0,0
22	27,6	12,0	0,0	28,5	11,3	0,0
23	28,8	12,7	0,0	30,3	14,9	0,0
24	26,7	11,2	0,0	29,7	14,8	0,0
25	27,2	11,9	0,0	29,8	13,4	0,0
26	26,1	12,3	0,0	31,1	14,7	0,0
27	25,9	11,7	0,0	31,6	14,7	0,0
28	26,9	10,6	0,0	32,4	14,5	0,0
29	26,5	10,9	0,0	33,8	13,7	0,0
30	26,1	12,1	0,0	34,8	16,4	0,0
31	25,4	11,1	0,0	33,7	17,5	0,0
Média	25,7	11,4	0,0	28,9	14,3	17,1

Tabela 2A. Valores diários de temperatura máxima ($T_{MÁX}$), temperatura mínima ($T_{MÍN}$) e precipitação pluviométrica (P) nos meses de setembro e outubro de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal/SP.

Data	Setembro			Outubro		
	$T_{MÁX}$	$T_{MÍN}$	P	$T_{MÁX}$	$T_{MÍN}$	P
	°C		mm	°C		mm
1	32,1	15,1	0,0	30,5	13,4	0,4
2	31,0	14,5	0,0	23,5	16,6	17,9
3	30,3	12,6	0,0	23,3	16,2	0,0
4	30,1	12,9	0,0	28,7	14,8	0,0
5	31,1	12,9	0,0	34,9	17,1	0,0
6	31,8	14,5	0,0	35,1	20,3	0,0
7	32,6	14,4	0,0	29,1	20,0	0,0
8	34,1	14,7	0,0	33,9	18	0,0
9	33,6	16,9	0,0	35,7	19,5	0,0
10	33,1	14,8	0,0	37,0	19,5	0,0
11	34,4	17,9	0,0	36,7	20,5	6,7
12	33,6	17,3	0,0	37,8	20,8	0,0
13	34,0	17,4	0,0	37,2	22,0	0,0
14	33,6	18,1	0,0	37,3	21,9	0,0
15	34,6	18,1	0,0	35,2	19,2	0,0
16	34,9	16,4	0,0	34,7	16,7	0,0
17	33,6	16,5	0,0	34,9	18,5	0,0
18	34,0	14,7	0,0	35,0	19,6	0,0
19	33,6	18,3	0,0	36,4	19,3	0,0
20	34,0	17,4	0,0	36,0	20,0	0,0
21	32,9	17,1	0,0	32,2	21,4	5,7
22	31,4	16,8	0,0	24,2	18,1	6,8
23	32,8	16,6	0,0	25,4	17,9	0,0
24	33,3	18,0	0,0	32,7	16,1	0,0
25	32,7	15,9	0,0	35,5	17,8	0,0
26	32,2	15,5	0,0	-	-	-
27	34,1	17,6	0,0	-	-	-
28	34,4	16,6	0,0	-	-	-
29	34,4	18,3	7,0	-	-	-
30	23,8	15,8	18,9	-	-	-
Média	32,7	16,1	25,9	32,9	18,6	37,5