

**FERNANDO VIEIRA COSTA GUIDORIZZI**

**EXIGÊNCIA DE NITROGÊNIO E MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM  
CULTIVARES DE FEIJÃO-COMUM DE CICLO PRECOCE**

**Botucatu**

**2019**



**FERNANDO VIEIRA COSTA GUIDORIZZI**

**EXIGÊNCIA DE NITROGÊNIO E MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM  
CULTIVARES DE FEIJÃO-COMUM DE CICLO PRECOCE**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Coorientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

**Botucatu**

**2019**

G948e	<p>Guidorizzi, Fernando Vieira Costa</p> <p>Exigência de nitrogênio e manejo da adubação nitrogenada em cultivares de feijão-comum de ciclo precoce / Fernando Vieira Costa Guidorizzi. -- Botucatu, 2019</p> <p>110 p. : il., tabs., fotos</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Rogério Peres Soratto</p> <p>Coorientador: Adalton Mazetti Fernandes</p> <p>1. Feijão. 2. Nutrição de plantas. 3. Adubação. 4. Solos Fertilidade. 5. Biomassa vegetal. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **“EXIGÊNCIA DE NITROGÊNIO E MANEJO DA ADUBAÇÃO  
NITROGENADA EM CULTIVARES DE FEIJÃO-COMUM DE CICLO  
PRECOCE”**


AUTOR: FERNANDO VIEIRA COSTA GUIDORIZZI  
ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO  
COORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

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

  
Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO  
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS  
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. ORIVALDO ARF  
Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. TIAGO ARANDA CATUCHI  
Agronomia / UNOESTE

  
Pesquisadora Dr.ª MARIA DA CONCEIÇÃO SANTANA CARVALHO  
/ Embrapa Arroz e Feijão

Botucatu, 12 de agosto de 2019.



*Aos meus amados pais,  
Lúcio e Antônia, à minha irmã, Tamires e à  
minha esposa, Marianne,  
dedico.*





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sempre estar me iluminando nas minhas tomadas de decisões e me oferecendo saúde, sabedoria e alegria para realização do meu trabalho.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Lúcio Guidorizzi e Antônia Vieira Costa Guidorizzi, à minha irmã Tamires Vieira Costa Guidorizzi, à minha tia Marlene Pinheiro da Costa Furukawa, e aos meus avós Joana Versalli Guidorizzi, João Guidorizzi, Josefa Vieira da Costa e Valmir Pinheiro da Costa, por toda contribuição na minha formação pessoal e profissional.

À minha esposa Marianne Fidalgo de Faria Guidorizzi, pelo amor, companheirismo, sabedoria, dedicação e apoio em todos os momentos da nossa vida.

Aos funcionários e professores da Escola Estadual Kosuke Endo, os quais contribuíram para a minha formação pessoal e escolar (ensino médio).

À Universidade do Oeste Paulista (Agronomia-UNOESTE), que contribuiu muito para a minha formação como Engenheiro Agrônomo e transferência para Botucatu.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Câmpus de Botucatu), por toda contribuição na minha formação como Mestre em Agronomia (Agricultura) e por todo o suporte oferecido para realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2016/18597-1, pela concessão da bolsa de Doutorado e auxílio financeiro para a condução dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela excelente orientação, ensinamentos, compreensão em momentos que passei por problemas particulares e pela amizade que foi obtida durante esses cinco anos em que trabalhamos juntos (Mestrado e Doutorado). Ao Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela ótima coorientação, principalmente no período em que o Prof. Dr. Rogério Peres se ausentou fisicamente para realização do Pós-Doutorado no exterior.

Aos docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Câmpus de Botucatu), pelos ensinamentos e colaboração.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, em especial Adelina, Camargo, Carol, Casemiro, Célio, Cido, Ciro, Darieli, Dorival,

Eliane, Iara, Júlia, Mateus, Valéria e Vinícius pela amizade, colaboração e ensinamentos.

Aos amigos de Pós-Graduação, em especial ao Renan Parecido, Amanda Gilabel e Fabiana Morbi, por terem colaborado com a realização desse trabalho.

Aos estagiários Lohan de Oliveira Gomes Pinto, Mariana Mantovani da Silva, Gustavo Silva, Carolina Maniero e Guilherme Gomes pela amizade e ajuda para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos de república Bruno Aires, Carlos Carneiro, Charles Watanabe, Cristiane Gomes, Ewerton Gasparetto, Fábio Tanamati, Jader Luis Garcia, José Carlos Filho, Luis Stefanelli, Murilo de Souza, Osvaldir Feliciano, Renato Costa, Thiago Nogueira, Vitor Rodrigues, Willian Takata, Willyam Vieira, por toda ajuda e companheirismo. Agradeço em especial, o meu amigo Leonardo Mitsuo Kawatsu "*in memoriam*", pela amizade, companheirismo, sabedoria e índole.

Aos meus amigos, especialmente ao Prof. Dr. Gustavo Maia Souza, Alexandrius de Moraes Barbosa, Diego de Campos, Kézia Aparecida Guidorizzi, Marisa Bezerra de Melo e Tiago Aranda Catuchi, que auxiliaram muito na minha formação como Engenheiro Agrônomo.

À empresa Compass Minerals, pela oportunidade oferecida de estar atuando como Consultor de Desenvolvimento de Mercado (CDM). Agradeço principalmente ao Rafael G. Silvano, João Saraiva, Wellington Lima, Patrick Trevisan, Leandro Aran, Isabella Rodrigues, Stefânia Moreno, João Bessani, Luiz Romancini, Thiago Tonezera, Paula Schneider, Micheli Crema e à toda equipe de CDMs, que são as pessoas com quem trabalho diariamente.

À empresa Timac Agro, pela oportunidade oferecida de ter atuado como Supervisor de Desenvolvimento de Mercado. Agradeço principalmente ao Luiz Henrique, Luís Pena, Thâmara Vieira, Juliana Milesi, Bárbara Manzano, Douglas Sponchiado, Guilherme Joanella, Luiz Fernando, Rosana Leite, Vinicius Martini, Everton Dresch, Gabriela Joanella, Pablo Gotardo, Victor Moraes e Luciana Pereira, Aurélio Júnior, Diego Rabel, Larissa Rezende, Daniel Beretta e Fabiano Romero, que foram as pessoas com quem trabalhei diariamente.

Ao Profs. Drs. Rogério P. Soratto, Roberto L. V. Boas, Orivaldo Arf, Tiago A. Catuchi e a Pesquisadora Dr<sup>a</sup> Maria da Conceição S. Carvalho, pelas sugestões realizadas na elaboração do presente trabalho.

A todos, os meus sinceros e eternos agradecimentos.

## RESUMO

Conhecimentos sobre a extração e exportação de nutrientes são importantes para definição do manejo da adubação nas culturas agrícolas. O objetivo desse trabalho foi estudar o acúmulo de matéria seca (MS) e o acúmulo de nitrogênio (N) durante ciclo, a produtividade de grãos e a exportação de N por cultivares de feijão-comum de ciclo normal e precoce, bem como as repostas das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce aos manejos da adubação nitrogenada de cobertura. Foram conduzidos dois experimentos no município de Botucatu - SP, nos anos de 2016 e 2017, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distrófico. No experimento I, foi adotado o delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por cultivares de feijão-comum [Pérola (ciclo normal), IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (ciclo precoce)] e as subparcelas por sete de amostragens realizadas durante o ciclo da cultura [14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE (dias após a emergência)]. No experimento II, foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos a partir da combinação fatorial 3x7, sendo três cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e sete manejos da adubação nitrogenada de cobertura [**M1**: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; **M2**: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; **M3**: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4; **M4**: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; **M5**: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; **M6**: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras do clorofilômetro indicaram índice de suficiência de N < 90%, em relação ao tratamento M5; **M7**: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> no dia da semeadura]. No experimento I, as cultivares de feijão-comum apresentaram diferenças para o acúmulo de MS e N durante o ciclo de desenvolvimento. O acúmulo máximo de MS e N na parte aérea das cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió ocorreu antes do que na cv. Pérola. Considerando a média dos anos, os acúmulos máximos de N nas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curío foram de 104, 86, 99 e 92 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Dessas quantidades, foram exportados pelas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió 80, 64, 73 e 68 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. No experimento II, os manejos da adubação nitrogenada de cobertura influenciaram significativamente na produtividade de grãos

das cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió. A adubação nitrogenada de cobertura quando realizada no estágio de desenvolvimento V3 (M2 - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3) e no dia da semeadura (M7 - 90 kg ha<sup>-1</sup> no dia da semeadura), proporcionou às cultivares de feijão-comum de ciclo precoce produtividade de grãos semelhante à obtida com o manejo M5 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5), que recebeu o dobro da dose de N recomendada para a cultura do feijão-comum. Portanto, a adubação nitrogenada de cobertura nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, deve ser recomendada até o estágio de desenvolvimento V3.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Nutrição. Adubação. Biomassa.

## ABSTRACT

Knowledge on nutrient uptake and removal is important for the management of fertilization in agricultural crops. The objective of this work was to study dry matter (DM) accumulation and nitrogen (N) accumulation during cycle, grain yield and N removal by normal and short cycle common bean cultivars, as well as the responses of short cycle common bean cultivars to N fertilization. Two experiments were carried out in the city of Botucatu, state of São Paulo, during the years 2016 and 2017, in a Typic Rhodudalf soil. The experiment I was arranged in a randomized complete block design, with split plots and four replications. Plots were composed of four common bean cultivars [Pérola (normal cycle), IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curió (short cycle)] and the subplots for seven sampling periods during the common bean development cycle (14, 28, 42, 56, 70, 77, and 84 days after emergency (DAE)). The experiment II was arranged in a randomized complete block design, with four replications. The treatments were constituted from the factorial combination 3x7, with three cultivars of short cycle common bean (IAC Imperador, IPR Andorinha, IPR Curió) and seven managements of the N fertilization [**M1**: without N application in coverage; **M2**: 90 kg ha<sup>-1</sup> N at V3; **M3**: 90 kg ha<sup>-1</sup> N at V4; **M4**: 45 kg ha<sup>-1</sup> N at V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> N at R5; **M5**: reference treatment for chlorophyll readings, with 90 kg ha<sup>-1</sup> N at V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> N at R5; **M6**: treatment that received N application (30 kg ha<sup>-1</sup>) only when the chlorophyllometer readings indicated a N sufficiency index <90%, in relation to the M5 treatment; **M7**: application of 90 kg ha<sup>-1</sup> N on the day of sowing)]. In experiment I, common bean cultivars showed differences for DM and N accumulation during the development cycle. The maximum DM and N accumulation in the aboveground of the cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curió occurred earlier than in cv. Perola. Considering the average of the years, the maximum N accumulation in the cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curio were 104, 86, 99 and 92 kg ha<sup>-1</sup> N, respectively. These quantities, were removal by cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curió 80, 64, 73 and 68 kg ha<sup>-1</sup> N, respectively. In experiment II, the N fertilization significantly influenced the grain yield of the cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curió. N fertilization when performed at development stage V3 (M2 - 90 kg ha<sup>-1</sup> N at V3) and on the sowing day (M7 - 90 kg ha<sup>-1</sup> N on the day of sowing), provided the short cycle common bean cultivars grain yield similar to that obtained with management M5 (90 kg ha<sup>-1</sup> N at V3

+ 90 kg ha<sup>-1</sup> N at R5), which received twice the recommended N rate for common bean crop. Therefore, N fertilization in cultivars IAC Imperador, IPR Andorinha and IPR Curió should be recommended up to the development stage V3.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Nutrition. Fertilization. Biomass.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Manejos da adubação nitrogenada de cobertura utilizados no Experimento II .....	35
Tabela 2 - Leituras realizadas com o clorofilômetro (SPAD) nas cultivares de feijão-comum IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, a cada sete dias, entre os estádios V3 (primeira folha trifoliada totalmente expandida) e R6 (florescimento pleno), durante os anos de 2016 e 2017.....	36
Tabela 3 - Características químicas do solo antes da semeadura do feijoeiro nos anos de 2016 e 2017, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m .....	38
Tabela 4 - Estádios fenológicos de cultivares de feijão-comum cultivados durante os anos de 2016 e 2017.....	39
Tabela 5 - Teores de nitrogênio ao longo do ciclo e em cada órgão das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....	57
Tabela 6 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....	64
Tabela 7 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....	66
Tabela 8 - Desdobramento da interação entre anos x cultivares para a população de plantas, número de vagens por planta e massa de 100 grãos das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....	67
Tabela 9 - Teor nos grãos e exportação de nitrogênio pelas cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....	68
Tabela 10 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016 .....	72

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para os teores de Mg, S e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016 .....	73
Tabela 12 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	77
Tabela 13 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para os teores de Ca, Mg e S na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	78
Tabela 14 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos para os teores de Cu, Fe e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	79
Tabela 15 - Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de N na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016 .....	80
Tabela 16 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016.....	81
Tabela 17 - Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	83
Tabela 18 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para o acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	85
Tabela 19 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016.....	87
Tabela 20 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para a população de plantas e número de vagens por planta de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016.....	88



Tabela 21 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	90
Tabela 22 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para a população de plantas, número de vagens por planta e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017 .....	92
Tabela 23 - Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016.....	94
Tabela 24 - Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017.....	96
Tabela 25 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para a eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017.....	97



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação pluvial (barras azuis), temperatura máxima (linha vermelha) e temperatura mínima (linha verde) registradas na área experimental entre os meses de agosto e dezembro de 2016 e 2017 .....34
- Figura 2 - Número de folhas por planta (A e B), área foliar (C e D) e índice de área foliar (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....47
- Figura 3 - Acúmulo de matéria seca no caule (A e B), nas folhas (C e D) e nas estruturas reprodutivas (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....49
- Figura 4 - Acúmulo de matéria seca total na parte aérea, (A e B), taxa de acúmulo de matéria seca nas estruturas reprodutivas (C e D) e taxa de acúmulo de matéria seca total na parte aérea (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....54
- Figura 5 - Acúmulo e redistribuição de matéria seca no caule, nas folhas, nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....55
- Figura 6 - Acúmulo de nitrogênio no caule (A e B), nas folhas (C e D) e nas estruturas reprodutivas (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....61
- Figura 7 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (A e B), taxa de acúmulo de nitrogênio nas estruturas reprodutivas (C e D) e taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 .....62
- Figura 8 - Acúmulo e redistribuição de nitrogênio no caule, nas folhas, nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea ao longo do ciclo das cultivares de

feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió  
cultivadas durante os anos de 2016 e 2017 ..... 63

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
2.1 Objetivo geral .....	23
2.2 Objetivos específicos .....	23
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>24</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 Características do local .....	33
4.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	33
4.3 Instalação e condução dos experimentos .....	36
4.4 Variáveis avaliadas .....	40
4.4.1 Experimento I .....	40
4.4.1.1 Número de folhas, área foliar e índice de área foliar .....	40
4.4.1.2 Acúmulo e partição de matéria seca na parte aérea.....	40
4.4.1.3 Taxa de acúmulo de matéria seca na parte aérea .....	41
4.4.1.4 Acúmulo e partição de nitrogênio na parte aérea .....	41
4.4.1.5 Taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea .....	41
4.4.1.6 Diagnose foliar .....	41
4.4.1.7 Componentes de produção e produtividade de grãos .....	42
4.4.1.8 Teor nos grãos e exportação de nitrogênio .....	43
4.4.2 Experimento II .....	43
4.4.2.1 Diagnose foliar .....	43
4.4.2.2 Acúmulo de matéria seca na parte aérea.....	43
4.4.2.3 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea.....	44
4.4.2.4 Componentes de produção e produtividade de grãos .....	44
4.4.2.5 Teor e produtividade de proteína bruta nos grãos .....	44
4.4.2.6 Eficiência de utilização do nitrogênio aplicado em cobertura .....	44
4.5 Análise dos resultados .....	45
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
5.1 Experimento I.....	46
5.1.1 Número de folhas, área foliar e índice de área foliar .....	46
5.1.2 Acúmulo e partição de matéria seca na parte aérea .....	48
5.1.3 Acúmulo e partição de nitrogênio na parte aérea .....	55

5.1.4	Diagnose foliar.....	63
5.1.5	Componentes de produção e produtividade de grãos.....	65
5.1.6	Teor nos grãos e exportação de nitrogênio.....	67
5.2	Experimento II.....	69
5.2.1	Diagnose foliar.....	69
5.2.2	Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio.....	79
5.2.3	Componentes de produção e produtividade de grãos.....	86
5.2.4	Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio aplicado em cobertura.....	93
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
6.1	Experimento I.....	98
6.2	Experimento II.....	99
7	CONCLUSÕES.....	100
	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICES.....	106

## 1 INTRODUÇÃO

A área no mundo cultivada com feijão, em 2017, foi de aproximadamente 37 milhões de ha, com produção de 32 milhões de t de grãos, distribuída em 127 países (FAOSTAT, 2019). Dentre esses países se situa o Brasil, com aproximadamente 3,0 milhões de ha e produção de 3,1 milhões de t de grãos de feijão (CONAB, 2019). O principal feijão cultivado no Brasil é o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), que representa aproximadamente 80% do total produzido.

No Brasil, o cultivo de feijão é realizado durante três épocas (safra das “águas”, “seca” e “inverno”) (MAPA, 2016), o que possibilita o seu cultivo nos mais diversificados sistemas de produção agrícola. Diante disto, a utilização de cultivares de feijão-comum de ciclo precoce tem ganhado grande destaque na agricultura nacional, pois a utilização desses materiais permite um maior número de safras por ano.

Recentemente foram lançadas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (~77 dias) e com grãos do tipo carioca, como a IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (MAPA, 2016). Essas cultivares, quando comparadas as que possuem ciclo normal (90 dias) e hábito de crescimento indeterminado, apresentam menor período vegetativo, o que tornam precoces os seus florescimentos e ciclos (SANTOS; GAVILANES, 2006).

O N é absorvido através do sistema radicular das plantas, principalmente nas formas de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  (MALAVOLTA, 1997). Após a sua absorção, o N atua nas plantas como constituinte de muitos componentes das células vegetais, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos, conferindo as plantas maior desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, produção de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2009), interferindo sobremaneira no crescimento e produtividade das culturas.

A adubação nitrogenada é considerada essencial para se obter altas produtividades do feijoeiro comum, especialmente quando cultivado em áreas com uso de alta tecnologia. Em cultivares de feijão-comum de ciclo normal, o N é o nutriente mais extraído pela planta e o segundo mais exportado pelos grãos (SORATTO et al., 2013b). Contudo, devido às diferenças no hábito de crescimento, ciclo e potencial produtivo de cada cultivar, a exigência de alguns nutrientes, como o N, pode ser alterada, o que pode demandar adequações no manejo da adubação.

Além disso, por apresentar grande dinâmica no sistema solo-planta, o manejo adequado do N (época de aplicação e a quantidade a ser aplicada) é tido como um dos mais difíceis (MAIA et al., 2012).

A recomendação da adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do feijão-comum considera a produtividade esperada e a classe de resposta do feijoeiro ao N (alta, média e baixa), e indica que a época mais adequada para realização da adubação nitrogenada de cobertura se situa entre os 15 e 30 DAE (AMBROSANO et al., 1997). Seu parcelamento tem sido habitualmente recomendado, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso do N e prevenir as possíveis perdas por volatilização e lixiviação. Além desses manejos, as leituras do Índice Relativo de Clorofila (IRC), realizadas com o clorofilômetro (SPAD), estão sendo utilizadas para prever as doses e épocas em que as adubações de cobertura com N devem ser realizadas na cultura do feijão-comum (BARBOSA et al., 2009; MAIA et al., 2017). Essas recomendações da adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do feijão-comum são importantes, entretanto não adotaram o ciclo das cultivares de feijão-comum como critério para definição das doses e épocas de aplicação do N na adubação de cobertura.

Portanto, avaliar através das curvas de acúmulo MS e acúmulo de N, qual a época de maior demanda de N nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado, é fundamental para subsidiar a recomendação da adubação nitrogenada de cobertura para essas cultivares.

Foi testada a hipótese de que as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado, apresentam acúmulo de MS, acúmulo de N e exportação de N diferente da cultivar de ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado e que, em função disso, ajustes no manejo da adubação nitrogenada de cobertura podem aumentar a produtividade de grãos e a eficiência de utilização do N aplicado nas cultivares de feijão de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo desse trabalho foi estudar o acúmulo de matéria seca (MS) e o acúmulo de nitrogênio (N) durante ciclo, a produtividade de grãos e a exportação de N por cultivares de feijão-comum de ciclo normal e precoce, bem como as repostas das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce aos manejos da adubação nitrogenada de cobertura.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar o acúmulo de MS e o acúmulo de N durante o ciclo, a nutrição, os componentes de produção, a produtividade de grãos e a exportação de N em cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado, em comparação a uma cultivar de ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado.

Avaliar a nutrição, os acúmulos de MS e N no estágio de enchimento dos grãos (R8), os componentes de produção, a produtividade de grãos, a produtividade de proteína bruta e a eficiência de utilização do N aplicado nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado em resposta aos manejos da adubação nitrogenada de cobertura.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Os principais países produtores de grãos de feijão-comum são Myanmar, Índia, Brasil, China e México, que representam, respectivamente, 16, 15, 10, 6 e 5% da produção de grãos de feijão (FAOSTAT, 2019). No Brasil, a área total cultivada com a cultura do feijão é de aproximadamente 3,0 milhões de ha e produção de 3,1 milhões de t de grãos de feijão. Dessa produção, em torno de 80% corresponde ao feijão-comum (*P. vulgaris* L.) e 20% ao feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (CONAB, 2019).

O consumo *per capita* de feijão no Brasil chega a 17 kg ano<sup>-1</sup>. O tipo de feijão consumido varia em função das regiões brasileiras. O feijão preto é cultivado em 18% da área produtora e seu maior consumo ocorre no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sul e Leste do Paraná, Rio de Janeiro, Sudeste de Minas Gerais e Sul do Espírito Santo. Os tipos de grão carioca são aceitos em praticamente todo o Brasil e, conseqüentemente, ocupam 62% da área cultivada com feijão no país. O feijão-caupi é o mais aceito na Região Norte e Nordeste, com 20% da área cultivada (CONAB, 2019; MAPA, 2016).

As características qualitativas dos grãos de feijão tornam o seu consumo vantajoso para a humanidade. De acordo com Lajolo et al. (1996), os grãos de feijão apresentam alto conteúdo proteico, elevado teor de lisina, alto conteúdo de carboidratos e a presença de vitaminas do complexo B. Em média, os teores de proteína nos grãos de feijão se situam entre 22 e 29% (SORATTO et al., 2011), carboidratos 62 e 67%, cinzas 3,8 e 4,5 %, lipídeos 1,0 e 2,0 %, e fibra bruta 3,8 3 5,7 % (BARAMPAMA; SIMARD, 1993; SGARBIERI et al., 1979).

O feijão-comum se caracteriza por apresentar diferentes hábitos de crescimento, que são classificados como: determinado (tipo I - arbustivo) e indeterminado (tipo II - arbustivo, III - prostrado e IV - trepador) (BINOTTI, 2015). Embora apresente ampla adaptação e distribuição geográfica, o feijão é pouco tolerante a fatores extremos do ambiente. Portanto, o conhecimento sobre as suas exigências edafoclimáticas e limitações é essencial para a escolha de um ambiente aonde a cultura possa crescer, se desenvolver e, por conseguinte, aproveitar o seu máximo potencial produtivo (ANDRADE et al., 2006).

No Brasil seu cultivo é realizado durante três épocas (safras). A primeira é denominada de safra das “águas”, com semeadura na região Centro-Sul realizada

de agosto a dezembro e no Nordeste, de outubro a fevereiro. A segunda denomina-se safra da “seca” sendo a semeadura realizada de dezembro a março. A terceira época é denominada de safra de “inverno”, que possui semeadura na região Centro-Sul de abril a junho (MAPA, 2016). Essa característica possibilita o cultivo de feijão nos mais diversificados sistemas de produção agrícola. Diante disto, a utilização de cultivares de feijão de ciclo precoce tem ganhado grande destaque na agricultura nacional, pois a utilização dessas cultivares permite que os sistemas de produção agrícola passem a ter um maior número de safras por ano, como por exemplo, soja [*Glycine max* (L.) Merrill] no verão, milho (*Zea mays* L.) na safrinha e feijão nas estações de inverno-primavera.

Recentemente, cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e grãos do tipo carioca foram lançadas no mercado brasileiro. A cv. IAC Imperador apresenta porte semi-ereto, hábito de crescimento determinado, ciclo da emergência ao florescimento e à maturação de 35 e 75 dias, respectivamente. A cv. IPR Andorinha se caracteriza por apresentar porte ereto, hábito de crescimento determinado, ciclo da emergência ao florescimento e à maturação de 34 e 73 dias, respectivamente. A cv. IPR Curió possui porte ereto, hábito de crescimento determinado, ciclo da emergência ao florescimento e à maturação de 34 e 70 dias, respectivamente (MAPA, 2016). Para que essas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce possam expressar o seu máximo potencial produtivo é extremamente importante conhecimentos sobre a absorção de nutrientes e manejos da adubação, em especial sobre o N, que é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do feijão-comum.

O N entra em contato com o sistema radicular das plantas principalmente por fluxo de massa (99%) e é absorvido através do sistema radicular nas formas  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{N}_2$ , sendo essa última forma exclusiva para as plantas que possuem a capacidade de realizar a fixação biológica de N (FBN), como a cultura do feijão-comum (MALAVOLTA et al., 1997). Após sua absorção, o N desempenha funções vitais para as plantas favorecendo principalmente fatores relacionados ao seu desenvolvimento vegetativo (TAIZ; ZAIGER, 2009). Na cultura do feijão, o N é o nutriente mais extraído ( $\sim 140 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e o mais exportado (25 kg por t de grãos) (SORATTO et al., 2013b).

As curvas de crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas em função dos estádios de desenvolvimento fornecem informações sobre a quantidade de nutrientes absorvidos e a intensidade de absorção durante o ciclo da cultura,

indicando as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes (HAAG et al., 1967). Estudos avaliando o acúmulo de MS e a absorção de nutrientes ao longo do ciclo das culturas do arroz (CRUSCIOL et al., 2016), milho (BENDER et al., 2013) e soja (BENDER et al., 2015; GASPAR et al., 2017) foram publicados recentemente.

Na cultura do feijão-comum, o acúmulo de MS e o acúmulo de N durante o ciclo de desenvolvimento foram estudados por diversos autores. Gallo e Miyasaka (1961), avaliaram em condições de campo o acúmulo de MS e o acúmulo de N ao longo do ciclo da cv. Chumbinho Opaco, que encerrou o seu ciclo aos 85 DAE. Esses autores observaram que as maiores taxas de acúmulo de MS e acúmulo de N na parte aérea da cv. Chumbinho Opaco ocorreram entre os 33 e 44 DAE, e que o acúmulo máximo de N ocorreu aos 65 DAE. O acúmulo máximo de N foi de 95 kg ha<sup>-1</sup> e a exportação através da colheita dos grãos foi de 62 kg ha<sup>-1</sup> de N. Haag et al. (1967), estudaram em casa de vegetação o acúmulo de N ao longo do ciclo da cv. Chumbinho Opaco, que apresentou ciclo próximo de 85 dias. Os autores verificaram que o acúmulo de N na cultura do feijão-comum foi baixo até os 20 DAE, se intensificou a partir de os 30 DAE e atingiu o acúmulo máximo de N aos 50 DAE. O acúmulo máximo de N foi de 200 kg ha<sup>-1</sup> e a exportação foi de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Cobra Netto et al. (1971), avaliaram em condições de campo o acúmulo de N na cv. Roxinho, que apresentou ciclo próximo a 80 dias. Esses autores relataram que o período de maior intensidade no acúmulo de MS e no acúmulo de N ocorreram entre os 40 e 50 DAE. O acúmulo máximo de N pela cv. Roxinho foi de 102 kg ha<sup>-1</sup>, obtido aos 56 DAE.

Soratto et al. (2013b), avaliaram em condições de campo o acúmulo de MS e o acúmulo de N ao longo do ciclo e a exportação de N nas cvs. Pérola e IAC Alvorada (com ciclos de aproximadamente 90 dias), em função da adubação de semeadura com NPK (sem adubação NPK, 50% da adubação recomendada e 100% da adubação recomendada [20, 90 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente]). Considerando a média de ambas as cultivares e a adubação recomendada para a cultura do feijão, esses autores observaram que o período de maior intensidade no acúmulo de MS e no acúmulo de N ocorreu entre os 20 e 45 DAE. O acúmulo máximo de N foi de 140 kg ha<sup>-1</sup>, obtido aos 75 DAE, com exportação de 86 kg ha<sup>-1</sup>.

Em estudo realizado recentemente, Nascente e Carvalho (2018), avaliaram em condições de campo o acúmulo de MS e o acúmulo N ao longo do ciclo e a exportação de N nos genótipos de feijão-comum 15874 e IPR Colibri, que

apresentaram ciclos de 64 DAE. Em ambos os genótipos, os autores verificaram que os acúmulos de MS e N se intensificaram a partir de os 8 DAE e atingiram os valores máximos aos 64 DAE. No genótipo 15874, o acúmulo máximo de N foi de 106 kg ha<sup>-1</sup> e a exportação foi de 63 kg ha<sup>-1</sup> de N. No genótipo IPR Colibri, o acúmulo máximo de N foi de 117 kg ha<sup>-1</sup> e a exportação foi de 68 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Mediante os trabalhos descritos anteriormente, observa-se que, de maneira geral, nas cultivares de feijão-comum de ciclo normal (80-95 dias) e hábito de crescimento indeterminado os períodos de maior intensidade no acúmulo de MS e no acúmulo de N ao longo do ciclo ocorreram entre 20 e 50 DAE. Entretanto, nas cultivares de feijão de ciclo precoce (70 dias) e hábito de crescimento determinado os períodos de maior intensidade no acúmulo de MS e no acúmulo de N podem ocorrer já nos estádios iniciais de desenvolvimento do feijoeiro devido principalmente ao seu menor período vegetativo (SANTOS; GAVILANES, 2006), como observado no trabalho conduzido por Nascente e Carvalho (2018).

Como consequência, o manejo da adubação nitrogenada nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado pode apresentar diferenças em relação aos manejos recomendados para as cultivares de ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado, de forma que a aplicação de N em cobertura seja realizada nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, ou seja, antecedendo as épocas de aplicação recomendadas para as cultivares de ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado. Portanto, estudar o acúmulo de MS e o acúmulo de N ao longo do ciclo de cultivares de feijão de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado é fundamental para se fornecer o N nos estádios de desenvolvimento de maior exigência de cada cultivar.

O ciclo do N no sistema solo-planta é complexo e envolve processos como a mineralização (transformação do N na forma orgânica em formas inorgânicas), imobilização (transformação do N inorgânico em N orgânico), nitrificação (oxidação do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), desnitrificação (redução das formas oxidadas N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em formas gasosas N<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>), volatilização (emissão de N na forma de NH<sub>3</sub>) e lixiviação (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (CANTARELLA, 2007). Seu ingresso no solo ocorre por meio de fertilizantes, através do ar, mediante deposições atmosféricas de formas combinadas de N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), e fixação biológica de N<sub>2</sub>, tanto em sistemas não-simbióticos quanto simbióticos, por meio de bactérias formadoras de nódulos nas raízes de plantas leguminosas (STEVENSON, 1982), como na cultura do feijão-

comum com a inoculação das sementes a partir de *Rhizobium tropici* (HUNGRIA et al., 1997), apesar da fixação simbiótica do N ser pouco eficiente no feijoeiro comum (SOUZA et al., 2011).

No solo, o N se encontra principalmente na forma orgânica, presente na matéria orgânica em diferentes moléculas, ou como parte de organismos vivos, sendo que geralmente menos de 5% do N total está em formas inorgânicas como íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (KEENEY, 1982), que são as formas preferenciais de absorção de N pelo sistema radicular das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

Devido a essa grande dinâmica do N no sistema solo-planta, o manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro é considerado como um dos mais complexos (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2009; MAIA et al., 2012; SORATTO et al., 2005). Atualmente para a cultura do feijão-comum recomenda-se aplicar o N em cobertura entre 15 e 30 DAE, com doses de até  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que podem variar em função da produtividade esperada e a classe de resposta do feijoeiro ao N (alta, média e baixa) (AMBROSANO et al., 1997).

Estudos avaliando as doses de N a serem aplicadas na cultura do feijão-comum foram realizados e demonstram variações nas respostas obtidas. Soratto et al. (2004), estudaram doses de N aplicadas em cobertura (0, 70, 140 e  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de N [ureia]) na cultura do feijão (cv. Pérola). As doses de N aplicadas na adubação de cobertura aumentaram de forma linear o número de vagens por planta e de forma quadrática a produtividade de grãos de feijão, sendo a máxima produtividade de grãos obtida com a dose estimada de  $182 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos não foram observados incrementos em função das doses de N aplicadas na adubação de cobertura. Especificamente para o número de grãos por vagem, a ausência de respostas as doses de N aplicadas na adubação de cobertura foram atribuídas a alta herdabilidade genética desse componente de produção.

Amaral et al. (2016), avaliaram a produtividade de grãos, a produtividade de proteína bruta nos grãos e a eficiência de utilização do N (EUN) na cultura do feijão-comum (cv. IPR Andorinha), cultivado em diferentes sistemas de produção (milho, milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis*) e em função das doses de N aplicadas na adubação de cobertura (0, 40, 80, 120 e  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N [ureia]). Esses autores observaram que para a produtividade de grãos e para a EUN foram obtidas repostas quadráticas as doses de N aplicadas em cobertura, sendo os maiores resultados

dessas variáveis obtidos com a aplicação de 136 e 101 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Já para a produtividade de proteína bruta nos grãos, ocorreram incrementos lineares, ou seja, a maior produtividade de proteína bruta nos grãos foi obtida com a aplicação de 160 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Kotz-Gurgacz et al. (2018), avaliaram a aplicação N via folha (sem N; 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de N [ureia convencional, N-UC]; 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de N [N-UC]; 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de N [ureia de liberação lenta, N-UL]; e 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de N [N-UL]) e via solo (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N [ureia]) na cultura do feijão-comum (cv. Pérola), cultivado em diferentes ambientes de produção (irrigado 2012, sem irrigação 2013 e irrigado 2013). Considerando as médias da aplicação de N via folha, foi possível observar que as doses de N aplicadas via solo incrementaram de forma linear o acúmulo de MS, o acúmulo de N e a produtividade de proteína bruta da cultura do feijão. Para a produtividade de grãos, as respostas a aplicação de N via solo variaram de acordo com os ambientes de produção. Nos ambientes irrigado 2012 e sem irrigação 2013, ocorreram respostas lineares às doses de N aplicadas na adubação de cobertura, isto é, ocorreram incrementos na produtividade de grãos com a aplicação de até 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Já no ambiente irrigado 2013, houve resposta quadrática às doses de N aplicadas na adubação de cobertura, sendo a maior produtividade de grãos de feijão obtida com a aplicação de 124 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Esses estudos avaliando as doses de N a serem aplicadas na adubação de cobertura na cultura do feijão-comum são importantes, entretanto para um correto manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão-comum, especialmente nas cultivares de ciclo precoce que foram pouco estudadas até o momento, é necessário a realização de estudos avaliando quais são os melhores estádios de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura.

Nesse contexto, Binotti et al. (2007) estudaram estádios de aplicação da adubação nitrogenada (**E1**: sem N; **E2**: 75 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura; **E3**: 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; **E4**: 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4; **E5**: 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; **E6**: 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4; **E7**: 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 e **E8**: 25 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 25 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 25 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 [ureia]) nas cvs. IAC Carioca Eté, Pérola e IAC Carioca cultivadas, respectivamente, durante os anos de 2002, 2003 e 2004. A produtividade de grãos da cultivares de feijão-comum não foram influenciadas significativamente pelas épocas de aplicação da adubação

nitrogenada de cobertura. Entretanto, em ambas as cultivares de feijão-comum a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior produtividade de grãos do que o tratamento sem a aplicação de N na adubação de cobertura.

Soratto et al. (2013a), avaliaram manejos da adubação nitrogenada de cobertura N (sem a aplicação de N e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N [sulfato de amônio] aos 33 DAS, no mesmo dia da semeadura e aos 23 DAE) na cv. Pérola cultivada em diferentes sistemas de produção (milho solteiro e milho consorciado com braquiária). Em ambos os sistemas de produção, a produtividade de grãos de feijão não apresentou diferenças significativas em relação as épocas de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura. Contudo, adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de MS na parte aérea (florescimento) e a produtividade de grãos de feijão, independentemente das épocas de aplicação.

A aplicação de N na fase reprodutiva do feijoeiro tem resultado em aumento de produtividade de grãos de feijão e pode ser utilizada principalmente por produtores que utilizam a quimigação. Soratto et al. (2005), avaliaram a aplicação de N no estádio V4 (0 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N [nitrato de amônio]) e quatro doses de N no início do estádio R7 (0, 30, 60, e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N [nitrato de amônio]) na cv. Pérola. De acordo com os autores, a aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no estádio V4 aumentou o acúmulo de MS na parte aérea, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão em relação ao tratamento sem aplicação de N nesse mesmo estádio. A aplicação das doses crescentes de N em R7 aumentou de forma linear a produtividade de grãos quando N não foi aplicado em V4, porém, a aplicação em R7 não alcançou a mesma eficiência da adubação nitrogenada realizada no estádio V4.

Soratto et al. (2011) estudaram doses de N em cobertura (0, 45 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N [nitrato de amônio]) e quatro épocas de aplicação de N via foliar (sem a aplicação, pulverização no estádio R5, pulverização no estádio R6 e pulverização no estádio R5 + R7 [ureia]) na cv. IAC-Alvorada. Segundo os autores, quando a aplicação de N via solo não foi realizada (V4), a pulverização de N nos estádios R5 e R5 + R7 proporcionaram aumento na produtividade de grãos de feijão em relação à ausência da pulverização foliar de N. Os aumentos obtidos de produtividade de grãos de feijão através da aplicação de N em estádios reprodutivos podem ser atribuídos principalmente à alteração da relação fonte/dreno da cultura. Com o início de enchimento de grãos o dreno principal da cultura passa ser os grãos, que diminui o



crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, absorção de nutrientes se torna menor (ROSOLEM, 2002).

Embora a aplicação de N nos estádios reprodutivos da cultura do feijão-comum tenha proporcionado aumentos na sua produtividade, é extremamente importante que o fornecimento de N nos estádios iniciais da cultura seja realizado devido a sua alta intensidade no acúmulo de N, que, de maneira geral, se situa entre 15 e 45 DAE (AMBROSANO et al., 1997; SORATTO et al., 2013b) e favorece principalmente seu desenvolvimento vegetativo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Devido, principalmente, à complexa dinâmica do N no sistema solo-planta-atmosfera e à necessidade de se aumentar a eficiência da adubação nitrogenada na agricultura, estão sendo estudadas novas maneiras de se realizar o manejo da adubação nitrogenada nas culturas agrícolas. A exemplo disso, estão sendo realizados estudos sobre o índice relativo de clorofila (IRC), utilizando clorofilômetro portátil, para prever a necessidade de adubação nitrogenada na cultura do feijão, uma vez que o IRC se correlaciona positivamente com o teor de N foliar na cultura do feijão-comum (MAIA et al., 2012; 2017).

Os critérios a serem adotados como padrão para utilização dessa tecnologia na cultura do feijão-comum, como as folhas utilizadas para realização das leituras com o clorofilômetro portátil (folha trifoliolada totalmente expandida mais velha, situada entre a primeira e terceira folha trifoliolada a partir do ápice) e o índice de suficiência de N (ISN) (< 90%) foram definidos em estudos conduzidos por Barbosa et al. (2009) e Maia et al. (2012; 2017). Silveira et al. (2017) também descreveram metodologias à serem adotadas para utilização do clorofilômetro (SPAD) na recomendação da adubação nitrogenada de cobertura.

Nesse contexto, estudos avaliando os manejos da adubação nitrogenada de cobertura na cultura do feijão com base no IRC estão sendo realizados. Barbosa et al. (2009), avaliaram o manejo da adubação nitrogenada de cobertura na cv. Pérola utilizando o clorofilômetro SPAD-502 e ISN < 90%. Esses autores verificaram que a aplicação de N baseada nas leituras do clorofilômetro proporcionou a mesma produtividade de grãos de feijão que a dose de N recomendada para a condição de cultivo, com redução de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Maia et al. (2017), estudaram manejos da adubação nitrogenada de cobertura na cultura do feijão (M1: 80 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 10 DAE; M2: 40 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 10 DAE + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 20 DAE; M3: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N quando o ISN < 96%; M4:

30 kg ha<sup>-1</sup> de N quando o ISN < 93%; M5: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N quando o ISN < 90%; e M6: sem a aplicação de N) comum (cv. Pérola), cultivado em diferentes épocas de semeadura (safra das “águas” e safra da “seca”). Nos manejos M3 e M4, conforme os seus respectivos ISNs, foram aplicados 30 kg de N ha<sup>-1</sup> na adubação de cobertura aos 22 DAE (safra da “seca”) e aos 36 DAE (safra das “águas”). No manejo M5, em ambas as safras não foram realizadas aplicações de N na adubação de cobertura, pois o ISN não apresentou valores abaixo de 90%. Para a produtividade de grãos de feijão, não foram obtidas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada de cobertura em ambas as safras. Segundo os autores, a ausência de resposta às doses de N aplicadas na adubação de cobertura ocorrem particularmente devido à elevada quantidade N acumulada na palhada remanescente sobre a superfície do solo, que foi manejado sobre SPD.

Com o registro de novas cultivares feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado, o manejo da adubação nitrogenada (épocas de aplicação e parcelamento da adubação) necessita de ajustes para torná-la mais eficiente. Nesse contexto, a antecipação da aplicação da adubação nitrogenada e o uso do clorofilômetro podem ser alternativas para aumentar a eficiência de utilização do N aplicado e a produtividade de grãos das cultivares de ciclo precoce. Portanto, o presente trabalho fundamentou-se em avaliar através das curvas de acúmulo de MS e N qual a época de maior acúmulo de N nas cultivares de feijão de ciclo precoce com hábito de crescimento determinado que foram recentemente lançados no mercado e, conseqüentemente, contribuir para o estabelecimento da recomendação de manejo da adubação nitrogenada nessas cultivares.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos (I e II), durante a safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017.

### 4.1 Características do local

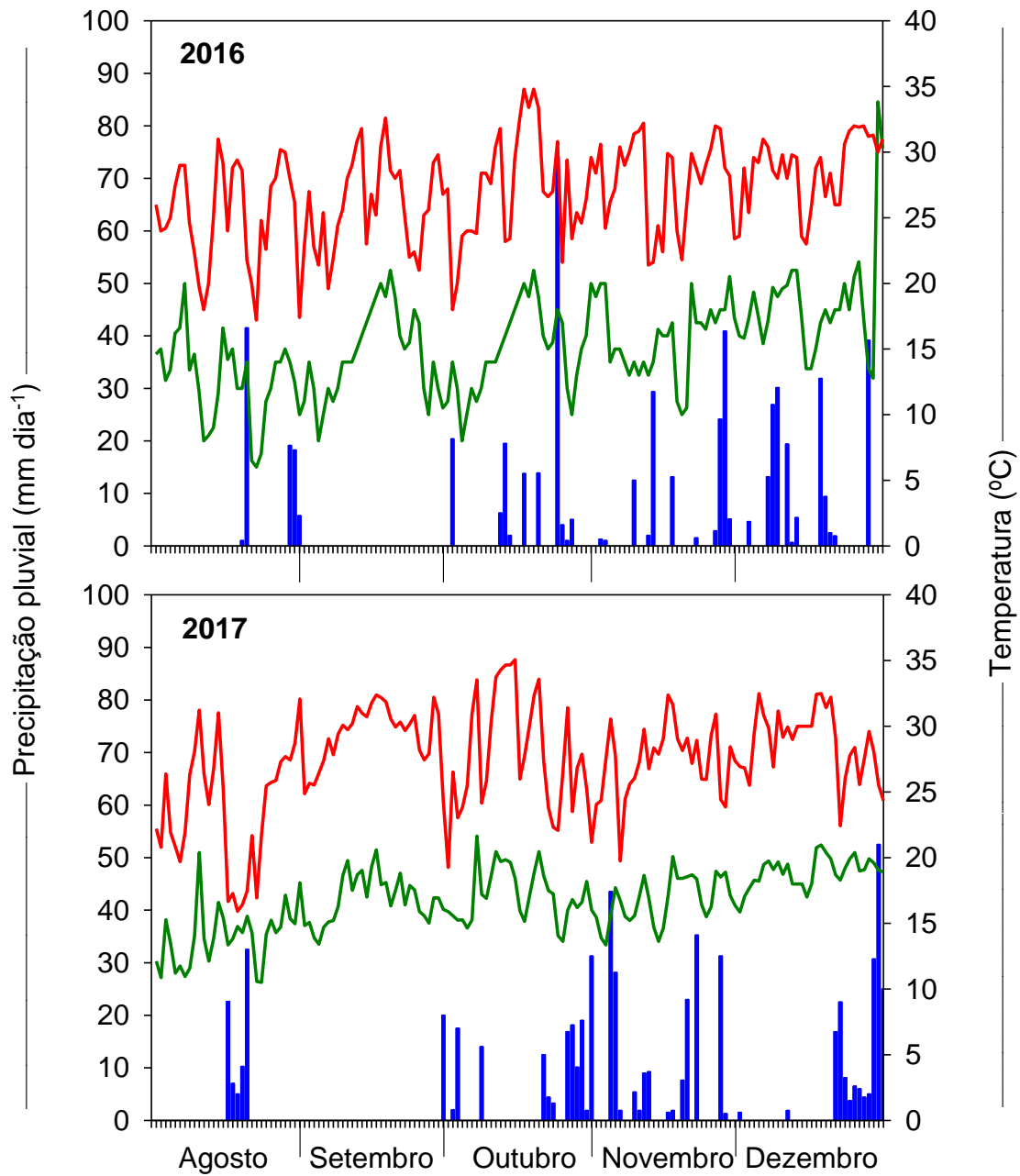
Ambos os experimentos (I e II) foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, campus de Botucatu, em Botucatu-SP (22° 51' S; 48° 26' W e altitude de 740 m). O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (SANTOS, 2013). Os experimentos foram instalados em uma área que vem sendo manejada sobre sistema plantio direto (SPD), com cultivo de milho nas estações de verão-outono e aveia (*Avena stringosa* Schreb.) no inverno e primavera. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, se caracteriza como tropical, com inverno seco, e verão chuvoso e quente (Figura 1).

### 4.2 Delineamento experimental e tratamentos

No experimento I, foi adotado o delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro cultivares de feijão [Pérola (ciclo normal) e IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (ciclo precoce)] e as subparcelas foram compostas por sete épocas de amostragens realizadas ao longo do ciclo do feijoeiro (14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE). Cada parcela foi constituída de oito fileiras de 8 m de comprimento e no espaçamento de 0,45 m, utilizando as seis fileiras centrais como área útil.

No experimento II, foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x7, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação das cultivares de feijão de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e sete manejos da adubação nitrogenada de cobertura, como apresentado na Tabela 1. Cada unidade experimental foi constituída de 4 fileiras de 6 m de comprimento e no espaçamento de 0,45 m, utilizando as duas fileiras centrais como área útil.

**Figura 1 - Precipitação pluvial (barras azuis), temperatura máxima (linha vermelha) e temperatura mínima (linha verde) registradas na área experimental entre os meses de agosto e dezembro de 2016 e 2017**



**Tabela 1 - Manejos da adubação nitrogenada de cobertura utilizados no Experimento II**

Manejos do N <sup>(1)</sup>	Épocas de aplicação			
	Semeadura	V3 <sup>(2)</sup>	V4 <sup>(2)</sup>	R5 <sup>(2)</sup>
	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
M1	20	0	0	0
M2	20	90	0	0
M3	20	0	90	0
M4	20	45	0	45
M5	40	90	0	90
M6	20	-	-	-
M7	20 + 90	0	0	0

<sup>(1)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura. <sup>(2)</sup>Estádios fenológicos do feijão-comum (FERNANDEZ et al., 1986).

O cálculo do ISN foi obtido através da relação das medidas dos valores das leituras do clorofilômetro portátil modelo SPAD-502 nas unidades experimentais M6 (LM6) e M5 (LM5) em cada cultivar de feijão, como segue na equação:

$$\text{ISN (\%)} = (\text{LM6/LM5}) \times 100$$

As leituras com o clorofilômetro foram realizadas semanalmente, ou seja, a cada sete dias, entre os estádios V3 (primeira folha trifoliada totalmente expandida) e R6 (florescimento pleno) (Tabela 2). As leituras foram tomadas na folha completamente expandida mais velha presente na planta, até a existência da terceira folha completamente expandida, conforme definido por Maia et al (2012; 2017). A aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura foi realizada sempre que as leituras do clorofilômetro indicaram ISN < 90%, conforme sugerido por Barbosa et al. (2009) e Maia et al. (2012; 2017).

**Tabela 2 - Leituras realizadas com o clorofilômetro (SPAD) nas cultivares de feijão-comum IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, a cada sete dias, entre os estádios V3 (primeira folha trifoliada totalmente expandida) e R6 (florescimento pleno), durante os anos de 2016 e 2017**

Estádios fenológicos <sup>(1)</sup>		V3		V4	R5	R6
DAE <sup>(2)</sup>		09	16	23	30	37
2016 (SPAD)						
IAC Imperador	M1 <sup>(3)</sup>	30,1	29,3	31,1	35,1	41,2
	M5	31,5	33,2	42,4	42,5	44,3
	M6	29,8	27,7	34,2	39,9	43,2
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,94</b>	<b>0,83</b>	<b>0,80</b>	<b>0,93</b>	<b>0,97</b>
IPR Andorinha	M1	33,9	30,9	36,6	37,3	43,8
	M5	37,5	35,9	42,1	44,2	46,1
	M6	35,7	31,1	35,3	41,3	45,8
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,95</b>	<b>0,86</b>	<b>0,83</b>	<b>0,93</b>	<b>0,99</b>
IPR Curió	M1	30,8	28,0	30,6	36,0	40,8
	M5	34,7	33,4	39,5	42,8	43,8
	M6	32,6	28,0	34,7	38,9	43,2
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>0,87</b>	<b>0,91</b>	<b>0,98</b>
2017 (SPAD)						
IAC Imperador	M1 <sup>(3)</sup>	31,3	35,6	35,8	40,8	41,1
	M5	32,2	41,4	38,8	41,2	42,2
	M6	31,8	36,1	34,4	43,2	40,6
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,99</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>1,05</b>	<b>0,96</b>
IPR Andorinha	M1	29,7	34,9	34,6	42,5	44,0
	M5	34,2	42,3	40,2	44,1	46,2
	M6	32,3	36,7	36,0	45,3	44,7
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,94</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>1,03</b>	<b>0,97</b>
IAC Curió	M1	30,9	31,9	30,6	37,9	38,8
	M5	31,1	38,4	35,4	39,2	39,9
	M6	29,1	32,6	31,7	39,0	37,8
	<b>ISN (%)</b>	<b>0,93</b>	<b>0,85</b>	<b>0,89</b>	<b>1,00</b>	<b>0,95</b>

<sup>(1)</sup>Estádios fenológicos do feijão-comum (FERNANDEZ et al., 1986). <sup>(2)</sup>DAE - Dias após a emergência.

<sup>(3)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

### 4.3 Instalação e condução dos experimentos

Ambos os experimentos (I e II) foram instalados simultaneamente na mesma área, na safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017. Antes da semeadura do feijoeiro em ambos os anos a área foi manejada com o cultivo de milho sobre SPD nas estações de verão-outono. Na adubação de semeadura do milho foram aplicados 280 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Quando a cultura do milho se apresentou no estágio V4 (quarta folha) foram aplicados na adubação de cobertura 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte a ureia (45% de N). A

produtividade de grãos de milho foi de aproximadamente 8.000 kg ha<sup>-1</sup> em ambos os anos.

Aos 60 dias antes da semeadura (DAS) da cultura do feijão (2016), amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,4 m, secas ao ar e analisadas para determinação das características químicas do solo, segundo métodos descritos por Raij et al. (2001) (Tabela 3). Com base nos resultados obtidos, foram aplicados aos 40 DAS 4500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário (23,3 % de CaO, 17,5 % de MgO e 71 % de PRNT), com o objetivo de se elevar a saturação por bases a 70% (AMOBROSANO et al., 1997).

A dessecação da área foi realizada aos 15 DAS, utilizando o herbicida glifosato (1.440 g do i.a. ha<sup>-1</sup>). Aos 7 (2016/17) e 2 DAS (2017/18), a área foi manejada com triturador mecânico de palha. Amostras de solo foram coletadas 1 DAS, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,4 m, secas ao ar e analisadas para determinação das características químicas do solo Raij et al. (2001) (Tabela 3).

A semeadura do feijoeiro foi realizada mecanicamente (30/08/2016 e 30/08/2017) e a quantidade de sementes utilizada foi calculada com o objetivo de atingir população de aproximadamente 260.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Em todos os tratamentos de ambos os experimentos, as sementes foram tratadas com fungicida carbendazim + thiram (45 + 105 g i.a. por 100 kg de sementes) e inseticida thiametoxam (75 g i.a. por 100 kg de sementes). Em ambos os experimentos, a adubação de semeadura constou da aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) (AMBROSANO et al.1997), que totalizou a aplicação de 20 kg de N ha<sup>-1</sup>, como proposto para os M1, M2, M3, M4, M6 e M7 (Tabela 1). No tratamento M5 do experimento II, os demais 20 kg ha<sup>-1</sup> de N foram aplicados manualmente sobre linha, logo após a semeadura das cultivares de feijão, utilizando como fonte o nitrato de amônio (33%).

**Tabela 3 - Características químicas do solo antes da semeadura do feijoeiro nos anos de 2016 e 2017, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m**

Anos	Profundidade	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O.	N (Mineral)	P (Resina)	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn
	(m)		(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )		(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)	(mg dm <sup>-3</sup> )				
2016 <sup>(1)</sup>	0,0-0,20	4,7	26	-	33	5	59	0,7	17	11	29	88	33	7	44	16	2,4
	0,20-0,40	4,5	19	-	7	13	42	0,4	12	6	18	60	30	6	10	5	0,5
2016 <sup>(2)</sup>	0,0-0,20	5,2	21	73	44	3	29	1,2	27	14	43	71	60	3	15	6	0,9
	0,20-0,40	4,6	22	59	10	9	37	0,5	22	8	31	68	45	3	11	2	0,2
2017 <sup>(2)</sup>	0,0-0,20	5,1	21	65	50	8	36	1,2	37	22	61	96	63	4	13	6	1,7
	0,20-0,40	4,7	13	52	15	12	49	0,5	18	8	27	76	36	3	10	4	0,4

<sup>(1)</sup>Amostragem de solo realizada aos sessenta dias antes da semeadura da cultura do feijão. <sup>(2)</sup>Amostragem de solo realizada um dia antes da semeadura da cultura do feijão.



Após a semeadura, as cultivares de feijão foram irrigadas através do método de aspersão (convencional) durante todo o seu ciclo, com lâminas entre 15 e 20 mm, aplicadas semanalmente nos períodos sem precipitação pluvial. A emergência de todas as cultivares de feijão-comum ocorreu aos 13 e 09 dias após a semeadura nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. Os estádios fenológicos das cultivares de feijão-comum estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Estádios fenológicos de cultivares de feijão-comum cultivados durante os anos de 2016 e 2017**

Estádios fenológicos		Pérola	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
		Dias após a emergência			
2016					
V0	Germinação	-	-	-	-
V1	Emergência	-	-	-	-
V2	Folhas primárias	05	05	05	05
V3	Primeira folha trifoliolada	09	09	09	09
V4	Terceira folha trifoliolada	18	18	18	18
R5	Pré-Florescimento	33	30	30	30
R6	Florescimento	40	37	35	35
R7	Formação das vagens	44	43	43	43
R8	Enchimento das vagens	50	46	46	46
R9	Maturação	70	63	63	63
2017					
V0	Germinação	-	-	-	-
V1	Emergência	-	-	-	-
V2	Folhas primárias	05	05	05	05
V3	Primeira folha trifoliolada	10	10	10	10
V4	Terceira folha trifoliolada	17	17	17	17
R5	Pré-Florescimento	31	29	29	29
R6	Florescimento	42	38	38	38
R7	Formação das vagens	48	45	45	45
R8	Enchimento das vagens	53	48	48	48
R9	Maturação	73	63	63	63

<sup>(1)</sup>Estádios fenológicos do feijão-comum (FERNANDEZ et al., 1986).

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada manualmente em ambos os anos e experimentos, utilizando como fonte o nitrato de amônio (33% de N). No experimento I, foi realizada ao lado das fileiras de plantas quando a cultura se apresentava nos estádios de desenvolvimento V3 (primeira folha trifoliada totalmente expandida) e R5 (pré-floração), aplicando-se 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em cada ocasião. No experimento II, a adubação nitrogenada cobertura foi realizada ao lado das fileiras de plantas (M2, M3, M4, M5 e M6) e em área total (M7), conforme descrito no item 4.2. Em ambos os anos e cultivares de feijão-comum, com base no ISN (<90%), foram aplicados no tratamento M6 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5, que ocorreram aos 16 e 23 DAE, respectivamente (Tabela 2).

Durante a condução dos experimentos foram realizadas todas as práticas culturais, visando o bom desenvolvimento e produtividade da cultura do feijão (MAPA, 2017). O controle das plantas daninhas foi realizado através de capina manual e aplicações dos herbicidas bentazona + imaxamoxi (480 + 22 g i.a. ha<sup>-1</sup>), fomesafem (250 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e fluazifope-p-butílico (175 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Os inseticidas utilizados foram: acefato (750 g i.a. ha<sup>-1</sup>), imidacloprido (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e tiametoxam (40 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Os fungicidas utilizados foram: azoxistrobina (50 g i.a. ha<sup>-1</sup>), azoxistrobina + difenoconazol (80 + 50 g i.a. ha<sup>-1</sup>), piraclostrobina (75 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e tiofanato-metílico + clorotalonil (300 + 750 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

#### **4.4 Variáveis avaliadas**

##### **4.4.1 Experimento I**

###### **4.4.1.1 Número de folhas, área foliar e índice de área foliar**

Aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE foram coletadas oito plantas por parcela experimental para quantificação do número de folhas por planta (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF). Imediatamente após a coleta, as plantas foram levadas ao laboratório, separadas em caule, folhas e estruturas reprodutivas (quando presentes). O NF foi quantificado manualmente e os resultados estão apresentados em número de folhas planta<sup>-1</sup>. A AF foi quantificada em um medidor de área foliar portátil (LI-3100C Li-Cor, USA, modelo LI-3100C) e os resultados estão apresentados em cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>. O IAF foi calculado através da relação entre a área foliar média de uma planta e a superfície correspondente de terreno ocupada pela mesma (BENINCASA, 2003).

###### **4.4.1.2 Acúmulo e partição de matéria seca na parte aérea**

As amostras coletadas para quantificação do NF e AF, depois de separadas em caule, folhas e estruturas reprodutivas, foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com o respectivo tratamento e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem das amostras, foi determinado em balança analítica o acúmulo de MS em cada órgão da

planta (caule, folhas e estruturas reprodutivas) e o acúmulo de MS total na parte aérea (somatória do acúmulo de MS em cada órgão da planta). Os resultados do acúmulo de MS estão apresentados em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **4.4.1.3 Taxa de acúmulo de matéria seca na parte aérea**

As taxas de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas e na parte aérea foram obtidas por meio da derivada primeira das equações ajustadas do acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas e na parte aérea, respectivamente, determinando-se assim, os pontos de inflexão para cada equação. O ponto de inflexão representa o dia do ciclo de desenvolvimento da planta em que a taxa de acúmulo diário de MS atinge o valor máximo. Do início do ciclo até o ponto de inflexão, a taxa de acúmulo diário de MS é crescente e, após esse período, a taxa apresenta valores decrescentes. As taxas de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas e na parte aérea estão apresentadas em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

#### **4.4.1.4 Acúmulo e partição de nitrogênio na parte aérea**

As amostras utilizadas para determinação do acúmulo de MS, foram moídas em moinho do tipo Willey e submetidas à análise dos teores de N, seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os acúmulos de N no caule, nas folhas e nas estruturas reprodutivas foram calculados através multiplicação do acúmulo de MS pelo teor de N em cada órgão da planta. O acúmulo total de N na parte aérea foi calculado através da somatória dos acúmulos de N em cada órgão da planta. Os teores de N na parte aérea estão apresentados em  $\text{g kg}^{-1}$  e os acúmulos de N estão apresentados em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **4.4.1.5 Taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea**

As taxas de acúmulo de N nas estruturas reprodutivas e na parte aérea foram obtidas como descrito no item 4.4.1.3.

#### **4.4.1.6 Diagnose foliar**

Foram amostradas dez folhas por parcela (terceira folha completamente expandida a partir do ápice da planta) aos 39 e 40 DAE (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e aos 42 e 44 DAE (Pérola), respectivamente, nos anos de 2016 e 2017, quando ambas as cultivares se apresentavam no estágio de desenvolvimento R6 (AMBROSANO et al., 1997). Posteriormente, as amostras foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com o respectivo tratamento e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, essas amostras foram moídas em moinho do tipo Willey e submetidas à análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al., 1997). Os teores dos macronutrientes estão apresentados em g kg<sup>-1</sup> e os teores de micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>.

#### **4.4.1.7 Componentes de produção e produtividade de grãos**

Aos 77 (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e 84 DAE (Pérola), quando ambos as cultivares de feijão se apresentavam no final do estágio de desenvolvimento R9 (maturação) e os grãos com aproximadamente 18% de umidade (BRAGANTINI, 1996), foram avaliados:

a) População final de plantas: a determinação da população final de plantas foi realizada no dia da colheita, considerando duas fileiras da área útil, com comprimento de 2 m por parcela. Os dados foram convertidos para número plantas ha<sup>-1</sup>.

b) Número de vagens por planta: foi determinado mediante a contagem do número total de vagens com pelo menos um grão, avaliados em oito plantas coletadas na área útil de cada parcela experimental. Os dados estão apresentados em número de vagens planta<sup>-1</sup>.

c) Número médio de grãos por vagem: foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, em oito plantas coletadas na área útil de cada parcela experimental. Os dados estão apresentados em número de grãos vagem<sup>-1</sup>.

d) Massa média de 100 grãos: foi avaliada pela pesagem de quatro amostras, de 100 grãos cada uma, de cada parcela experimental. Os dados estão apresentados em g (13% base úmida).

e) Produtividade de grãos: foi determinada mediante colheita manual de duas fileiras com 2 m de comprimento dentro da área útil de cada parcela experimental. Após a colheita foram realizados a debulha e o trilhamento manual dos grãos, com posterior pesagem, transformando-se a massa de grãos para  $\text{kg ha}^{-1}$  (13% base úmida).

#### **4.4.1.8 Teor nos grãos e exportação de nitrogênio**

As amostras dos grãos utilizados para determinação da produtividade foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 144 horas. Posteriormente, essas amostras foram moídas em moinho do tipo Willey e submetidas à análise dos teores totais de N, seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A exportação total de N foi calculada mediante a multiplicação massa de MS nos grãos pelo teor de N nos grãos. A exportação de N por tonelada de grãos foi calculada através da divisão da exportação total de N pela produtividade de grãos de cada cultivar de feijão-comum. Os teores de N nos grãos estão apresentados em  $\text{g kg}^{-1}$ , a exportação total de N em  $\text{kg ha}^{-1}$  e a exportação de N por tonelada de grãos em  $\text{kg de N t}^{-1}$ .

### **4.4.2 Experimento II**

#### **4.4.2.1 Diagnose foliar**

Foram adotados os mesmos procedimentos descritos no item 4.4.1.6.

#### **4.4.2.2 Acúmulo de matéria seca na parte aérea**

Foram coletadas oito plantas por parcela experimental, quando as plantas de feijão se apresentaram no estágio R8, uma vez que esse estágio de desenvolvimento se caracteriza por apresentar o acúmulo máximo de MS na parte aérea do feijoeiro (SORATTO et al., 2013b). Posteriormente, as amostras foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com o respectivo tratamento e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 72 horas. Após a secagem das amostras, foi determinado em balança

analítica o acúmulo de MS na parte aérea, sendo os resultados apresentados em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.2.3 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea**

As amostras utilizadas para determinação do acúmulo de MS na parte aérea em R8, foram moídas em moinho do tipo Willey e submetidas à análise dos teores de N, seguindo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O acúmulo de N na parte aérea em R8 foi calculado através da multiplicação do acúmulo de MS pelo teor de N na parte aérea em R8. Os teores de N estão apresentados em g kg<sup>-1</sup> e o acúmulo de N em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.2.4 Componentes de produção e produtividade de grãos**

Foram adotados os mesmos procedimentos descritos no item 4.4.1.7.

#### **4.4.2.5 Teor e produtividade de proteína bruta nos grãos**

As amostras de grãos utilizados para determinação da produtividade foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 144 horas. Posteriormente, esses grãos foram moídos em moinho do tipo Willey e submetidos à análise dos teores totais de N (MALAVOLTA et al., 1997). O teor de proteína bruta foi determinado mediante a multiplicação do teor de N pelo índice 6,25 (AOAC, 1990) e os resultados estão apresentados g kg<sup>-1</sup>. A produtividade de proteína bruta foi calculada através da multiplicação massa de MS nos grãos pelo seu teor de proteína, sendo os resultados apresentados em kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.2.6 Eficiência de utilização do nitrogênio aplicado em cobertura**

Foi determinado mediante a relação kg ha<sup>-1</sup> de grãos incrementado / kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação cobertura em cada tratamento, em relação a testemunha (M1 - sem aplicação de N em cobertura) (MA; HERATH, 2016; CATUCHI et al., 2017).

#### **4.5 Análise dos resultados**

Em ambos os experimentos (I e II) os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR 5.4. No experimento I, os resultados das épocas de amostragem foram avaliados por análise de regressão, utilizando o programa SigmaPlot 12.5.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento I

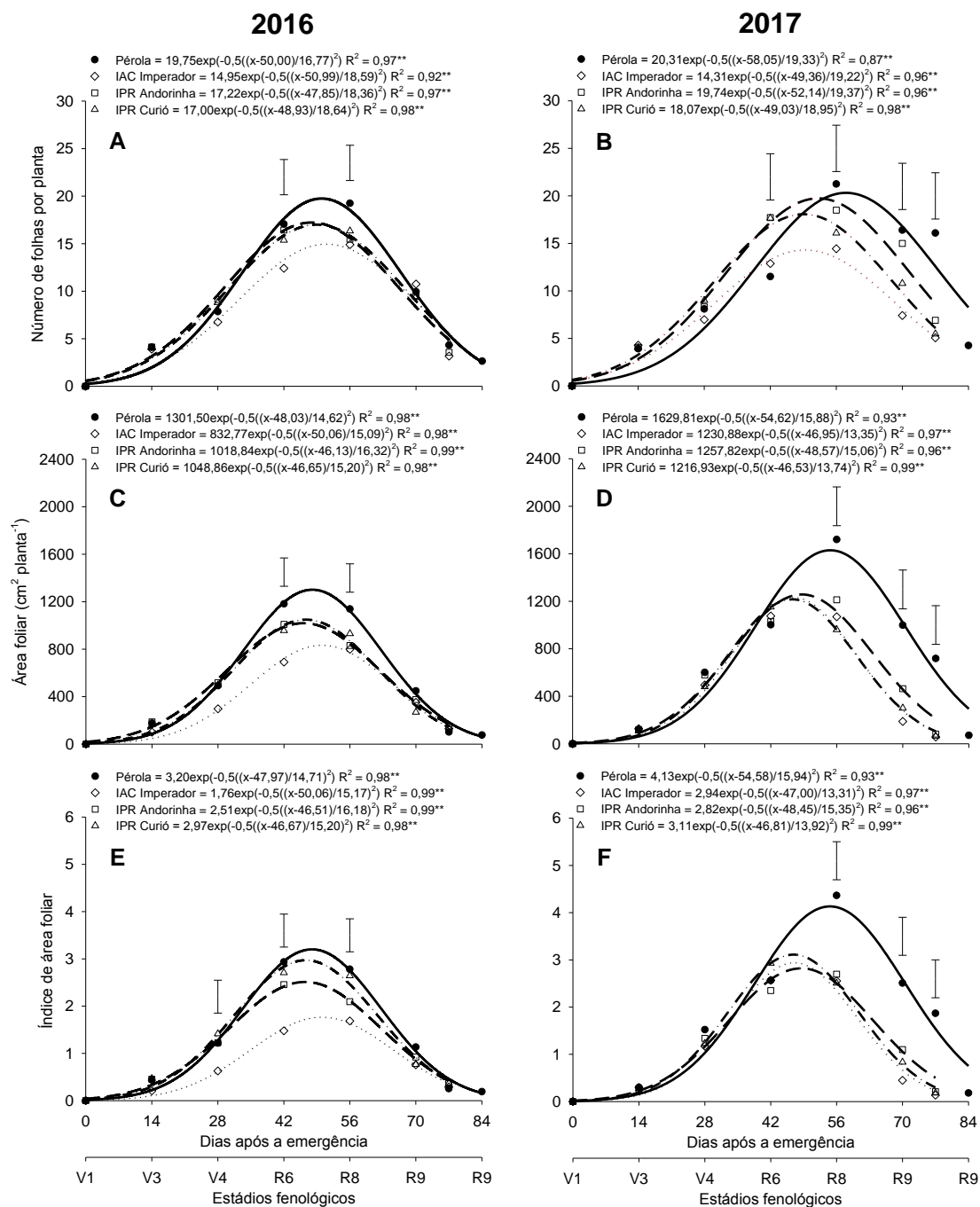
#### 5.1.1 Número de folhas, área foliar e índice de área foliar

Em 2016, o NF, a AF e o IAF aumentaram até aos 48 DAE (formação e enchimento das vagens) em todas as cultivares de feijão-comum (Figuras 2A, 2C e 2E). Em 2017, o NF, AF e IAF na cv. Pérola foram incrementados até aos 54 DAE (enchimento das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentaram até aos 46 DAE (formação das vagens) (Figuras 2B, 2D e 2F). Esses aumentos no NF, AF e IAF ocorreram principalmente em função do elevado desenvolvimento vegetativo do feijão-comum entre os estádios V3 e R8, que de acordo com Santos et al. (2015) é uma forma da planta aumentar a sua interceptação de luz e, conseqüentemente, a fotossíntese e a produção de fotoassimilados. Após os estádios em que foram observados os valores máximos de NF, AF e IAF ocorreram reduções dessas variáveis em todas as cultivares de feijão-comum, independentemente dos anos (Figura 2). Essas reduções no NF, AF e IAF nos estádios finais de desenvolvimento das cultivares de feijão-comum ocorreram principalmente devido à senescência foliar, abscisão foliar e redistribuição dos fotoassimilados para as estruturas reprodutivas (vagens e grãos). Resultados semelhantes foram obtidos em estudo conduzido por Santos et al. (2015), no qual também verificaram diminuição no NF, AF e IAF de cultivares de feijão-comum nos estádios R7 e R8. Andrade et al. (2009), também relataram diminuição no IAF de cultivares de feijão-comum a partir do estádio R7.

Em 2016 e 2017, aos 56 DAE (enchimento das vagens), a cv. Pérola apresentou os maiores valores de NF, AF e IAF, enquanto que a cv. IAC Imperador apresentou os menores valores de NF, AF e IAF. Esses resultados podem ter ocorrido principalmente em função da diferença no hábito de crescimento entre essas cultivares, pois de acordo com Fancelli e Dourado Neto (2007), cultivares de feijão-comum com hábito de crescimento indeterminado (tipo II, III e IV) apresentam maior desenvolvimento vegetativo do que os de hábito de crescimento determinado (tipo I).



**Figura 2 - Número de folhas por planta (A e B), área foliar (C e D) e índice de área foliar (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. \*\* é: significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Barras verticais indicam os valores de DMS entre os tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**

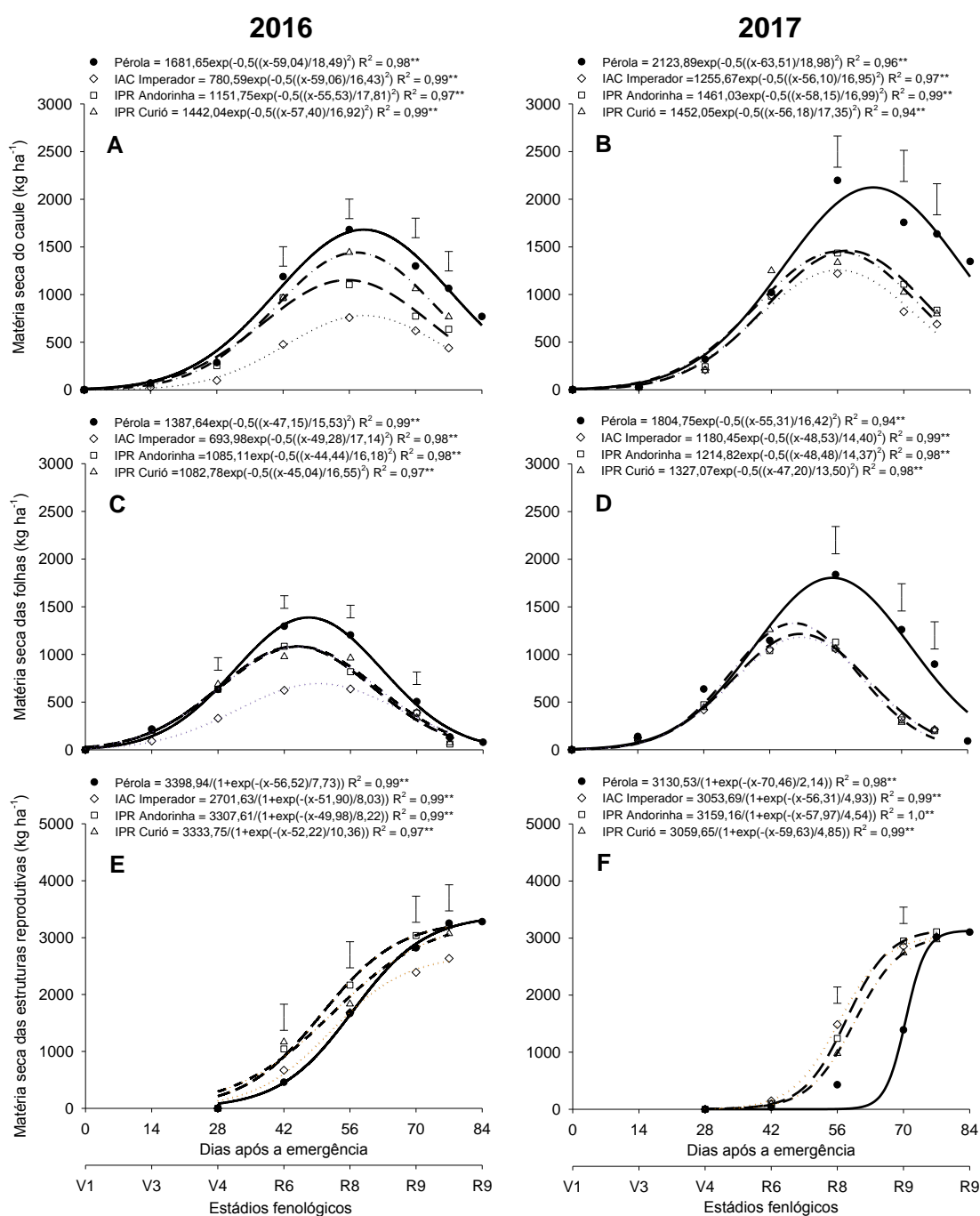


### 5.1.2 Acúmulo e partição de matéria seca na parte aérea

O acúmulo de MS no caule, no ano de 2016, em todas as cultivares de feijão-comum foi incrementado até aos 56 DAE (enchimento das vagens) (Figura 3A). Em 2017, o acúmulo de MS no caule da cv. Pérola aumentou até aos 63 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentou até aos 56 DAE (enchimento das vagens) (Figuras 3B). Esses aumentos no acúmulo de MS no caule podem ser atribuídos ao acentuado desenvolvimento vegetativo da cultura do feijão entre os estádios V3 e R8 (Santos et al., 2015). Aos 77 e 84 DAE (maturação) foram observadas reduções no acúmulo de MS no caule de todas as cultivares de feijão-comum, independentemente dos anos (Figura 3). Essas reduções ocorreram principalmente devido a redistribuição dos fotossimilados acumulados no caule para as estruturas reprodutivas (Figuras 3A, 3B, 3E, 3F e 5). Andrade et al. (2009), Santos et al. (2015) e Soratto et al. (2013b), também observaram redução no acúmulo de MS no caule de cultivares de feijão-comum a partir dos estádios R7/R8 em função da sua redistribuição para as estruturas reprodutivas. A redistribuição dos fotoassimilados acumulados no caule para as estruturas reprodutivas também ocorre em outras culturas graníferas como o milho (BENDER et al., 2013) e a soja (BENDER et al., 2015).

Em ambos os anos, nas épocas de amostragens realizadas entre os 56 e 77 DAE (enchimento das vagens e maturação), a cv. Pérola apresentou o maior acúmulo de MS no caule, enquanto que a cv. IAC Imperador apresentou o menor acúmulo de MS no caule. O maior acúmulo de MS no caule da cv. Pérola pode ser atribuído principalmente ao seu hábito de crescimento indeterminado (tipo III). Segundo Fancelli e Dourado Neto (2007), cultivares de feijão com hábito de crescimento indeterminado se caracterizam por apresentar acentuado desenvolvimento vegetativo, dentro dos quais se destacam a maior emissão de ramos e alongação do caule principal. Resultados semelhantes foram obtidos para o NF, AF e IAF (Figura 2).

**Figura 3 - Acúmulo de matéria seca no caule (A e B), nas folhas (C e D) e nas estruturas reprodutivas (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. \*\* é: significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Barras verticais indicam os valores de DMS entre os tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**



Em 2016, o acúmulo de MS nas folhas das cvs. Pérola e IAC Imperador aumentou até aos 48 DAE (formação e enchimento das vagens), ao passo que nas

cvs. IPR Andorinha e IPR Curió aumentou até aos 44 DAE (formação das vagens) (Figura 3C). Em 2017, o acúmulo de MS nas folhas da cv. Pérola aumentou até aos 56 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentou até aos 46 DAE (formação das vagens) (Figura 3B). Os aumentos obtidos no acúmulo de MS nas folhas até as épocas de amostragens situadas entre os 42 e 56 DAE ocorreram principalmente devido ao aumento no NF, AF e IAF (Figura 2). De acordo com Santos et al. (2015), esse acentuado crescimento é essencial para que a cultura do feijão-comum possa aumentar a interceptação de luz, a fotossíntese e, por conseguinte, aumentar a produção de fotoassimilados. A partir dos estádios em que ocorreram os máximos acúmulos de MS nas folhas foram observadas reduções dessa variável em todas as cultivares de feijão-comum. Essas reduções podem ter ocorrido em função da senescência foliar, abscisão foliar e redistribuição dos fotoassimilados acumulados nas folhas para as estruturas reprodutivas (Figuras 3C, 3D, 3E e 3F e 5). As folhas foram as principais fontes de redistribuição dos fotoassimilados para as estruturas reprodutivas. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos conduzidos por Andrade et al. (2009), Santos et al. (2015) e Soratto et al. (2013b). Em outras culturas como o milho (BENDER et al., 2013) e a soja (BENDER et al., 2015) também foi observado que as folhas são as principais fontes de redistribuição dos fotoassimilados para as estruturas reprodutivas.

Em ambos os anos, entre as épocas de amostragens realizadas aos 56 e 70 DAE (enchimento das vagens e maturação), a cv. Pérola apresentou o maior acúmulo de MS nas folhas do que as demais cultivares de feijão-comum (Figuras 3C e 3D). Resultados semelhantes foram obtidos para o NF, AF, IAF e acúmulo de MS no caule (Figuras 2, 3A e 3B). Como relatado anteriormente, esses resultados podem estar relacionados ao maior desenvolvimento vegetativo que as cultivares de feijão-comum com hábito de crescimento indeterminado apresentam em relação às cultivares com hábito de crescimento determinado (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

O acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas, em ambos os anos, teve início pouco antes de os 42 DAE (florescimento), com incremento até aos 77 (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e 84 DAE (Pérola), quando ambas as cultivares se apresentavam no estágio de desenvolvimento de maturação (Figuras 3E e 3F). O aumento no acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas entre os

estádios de desenvolvimento R6 e R9 ocorreram principalmente em função da redistribuição dos fotoassimilados acumulados no caule e nas folhas, ou seja, da redistribuição das fontes (caule e folhas) para os drenos (estruturas reprodutivas) (Figura 3). Andrade et al. (2009), Santos et al. (2015) e Soratto et al. (2013b), também observaram aumentos no acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas de cultivares de feijão-comum entre os estádios R6 e R9. Ambos os autores atribuíram o aumento no acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas a redistribuição dos fotoassimilados acumulados no caule e nas folhas.

De maneira geral, em 2016 e 2017, entre as épocas de amostragens realizadas aos 42 e 56 DAE (florescimento e enchimento das vagens), as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) apresentaram maior acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas do que a cultivar de ciclo normal (Pérola) (Figuras 3E e 3F). Entretanto, a partir de os 70 DAE a cv. Pérola passou a apresentar acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas semelhante aos das demais cultivares de feijão-comum. Esses resultados podem ter ocorrido em função de as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (ciclo precoce) terem atingido o estágio de desenvolvimento R6 antes do que a cv. Pérola (ciclo normal) (Tabela 4).

O acúmulo de MS total na parte aérea das cultivares de feijão foi pouco incrementado até aos 14 DAE (primeira folha trifoliada), atingindo aproximadamente 10% do acúmulo máximo de MS na parte aérea, independentemente dos anos (Figuras 4A, 4B e 5). A partir de os 14 DAE, todas as cultivares de feijão-comum intensificaram os incrementos no acúmulo de MS total na parte aérea, de modo que, aos 42 DAE (florescimento), foi atingido aproximadamente 70% do acúmulo máximo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum. Nesse período a cultura do feijão-comum se caracteriza por apresentar elevado desenvolvimento vegetativo, pois é quando ocorre uma maior emissão de ramos, folhas e expansão foliar (Figuras 2 e 3). Em 2016, o máximo acúmulo de MS total na parte aérea das cvs. Pérola (4.933 kg ha<sup>-1</sup> de MS), IAC Imperador (3.538 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 67 DAE (enchimento das vagens e maturação), ao passo que nas cvs. IPR Andorinha (4.507 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e IPR Curió (4.596 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 62 DAE (enchimento das vagens). Já em 2017, o acúmulo máximo de MS total na parte da cv. Pérola (5.122 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 77 DAE (maturação), enquanto que nas cvs. IAC Imperador (4.240 kg ha<sup>-1</sup> de MS), IPR Andorinha (4.456 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e IPR Curió (4.127 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreram aos 68 DAE (maturação). De forma

geral, foi possível observar que as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) apresentaram os máximos acúmulos de MS total na parte aérea antes do que a cultivar de ciclo normal (Pérola). Andrade et al. (2009), Santos et al. (2015) e Soratto et al. (2013b), estudaram o acúmulo de MS na parte aérea da cultura do feijão-comum e obtiveram aumentos no acúmulo de MS na parte aérea de cultivares de feijão-comum até o estágio R8. Após essas épocas de amostragens, ocorreram reduções de aproximadamente 10% no acúmulo de MS na parte aérea de todas as cultivares de feijão-comum. Essas reduções podem ser atribuídas principalmente às diminuições nos acúmulos de MS no caule e nas folhas, que ocorreram nos estádios finais de desenvolvimento de todas as cultivares de feijão-comum (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D). Nos estádios de desenvolvimento finais (maturação), as plantas diminuem a síntese de auxina, citocinina e giberilina que são os principais hormônios responsáveis pelo crescimento das plantas. Em contrapartida, as plantas aumentam a síntese de etileno, que é o principal hormônio responsável por promover a senescência das plantas e abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2009). Dessa forma, nos estádios de desenvolvimento finais das plantas a redução no acúmulo de MS pode ocorrer. Na cultura do feijão-comum, Andrade et al. (2009), Santos et al. (2015) e Soratto et al. (2013b) também obtiveram reduções no acúmulo de MS na parte aérea de cultivares de feijão-comum no estágio R9.

Em 2016, entre as épocas de amostragens realizadas aos 42 e 77 DAE (florescimento e maturação), a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de MS total na parte aérea do que a cv. IAC Imperador (Figura 4A). Em 2017, aos 56 DAE (enchimento das vagens), o maior acúmulo de MS total na parte aérea foi obtido com a cv. Pérola, enquanto que o menor ocorreu com a cv. IPR Curió (Figura 4B). O maior acúmulo de MS total na parte aérea na cv. Pérola em ambos os anos pode ser atribuído ao maior acúmulo de MS no caule, nas folhas e nas estruturas reprodutivas dessa cultivar (Figura 3). Esses resultados eram esperados, pois as cultivares de feijão-comum de hábito de crescimento indeterminado apresentam maior capacidade de desenvolvimento vegetativo, principalmente maior emissão de ramos e alongação do caule principal, do que as cultivares de feijão-comum de hábito de crescimento determinado (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

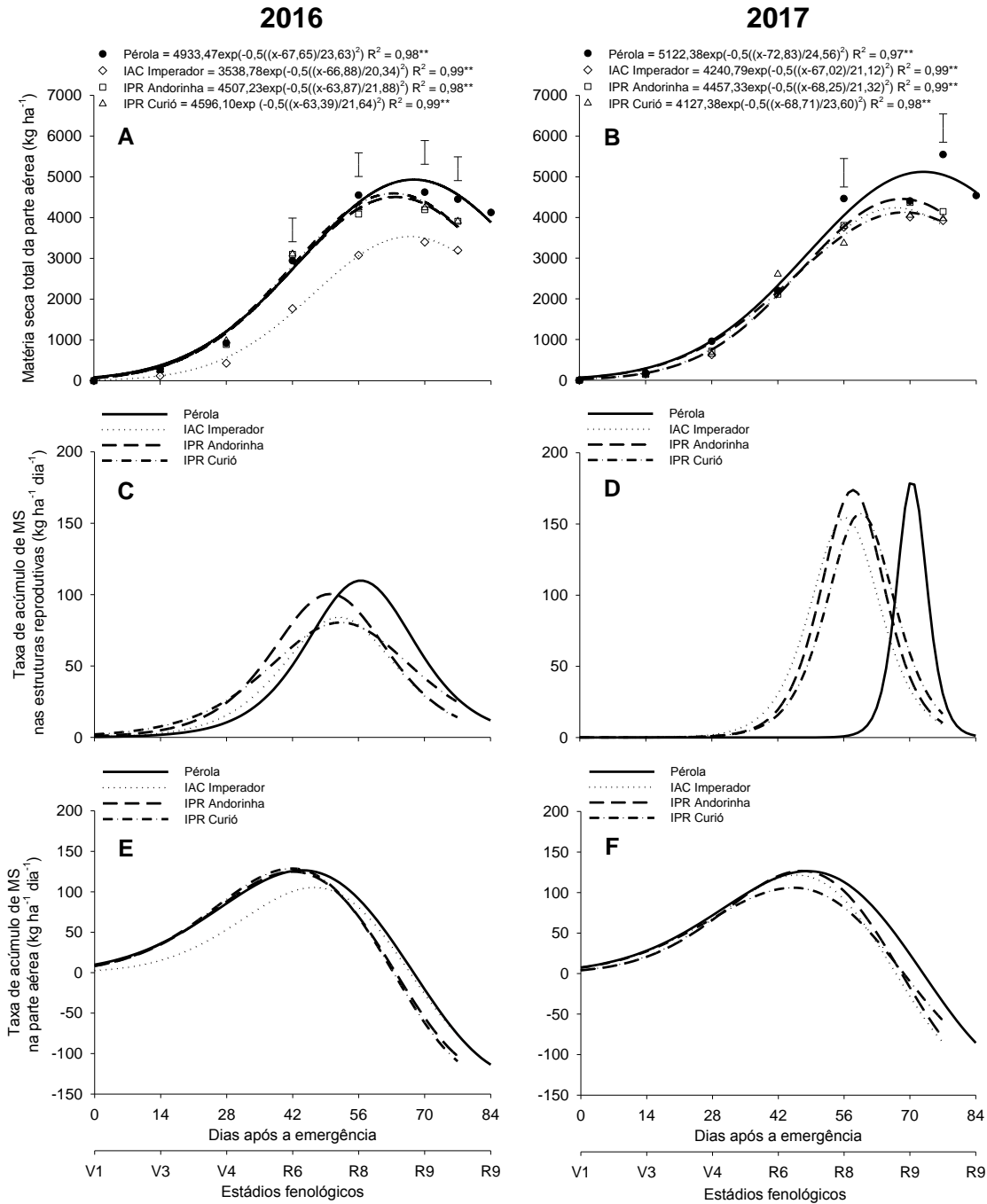
A taxa máxima de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas da cv. Pérola (ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado), no ano de 2016, ocorreu aos 56 DAE (enchimento das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador, IPR

Andorinha e IPR Curió (ciclo precoce e hábito de crescimento determinado) ocorreu aos 52 DAE (enchimento das vagens) (Figura 4C). Em 2017, a taxa máxima de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas da cv. Pérola ocorreu aos 70 DAE (maturação), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió ocorreu aos 56 DAE (enchimento das vagens) (Figura 4D). Santos et al. (2015), também observaram que as maiores taxas de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas em cultivares de feijão-comum ocorreram entre os estádios R7/R8. De maneira geral, foi possível observar que nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce as maiores taxas de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas ocorreram antes do que na cultivar de ciclo normal, independentemente dos anos (Figuras 4C e 4D).

As maiores taxas de acúmulo de MS total na parte aérea ocorreram entre os 42 e 48 DAE (florescimento e enchimento das vagens) em ambos os anos e cultivares de feijão-comum (Figuras 4C e 4D). Entre os estádios de florescimento e enchimento das vagens, ocorreram elevados incrementos no acúmulo de MS no caule, nas folhas, nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea. Principalmente em decorrência desses fatores, as maiores taxas de acúmulo de MS total na parte aérea foram obtidas entre os 42 e 56 DAE (florescimento e enchimento das vagens) (Figuras 3, 4 e 5).

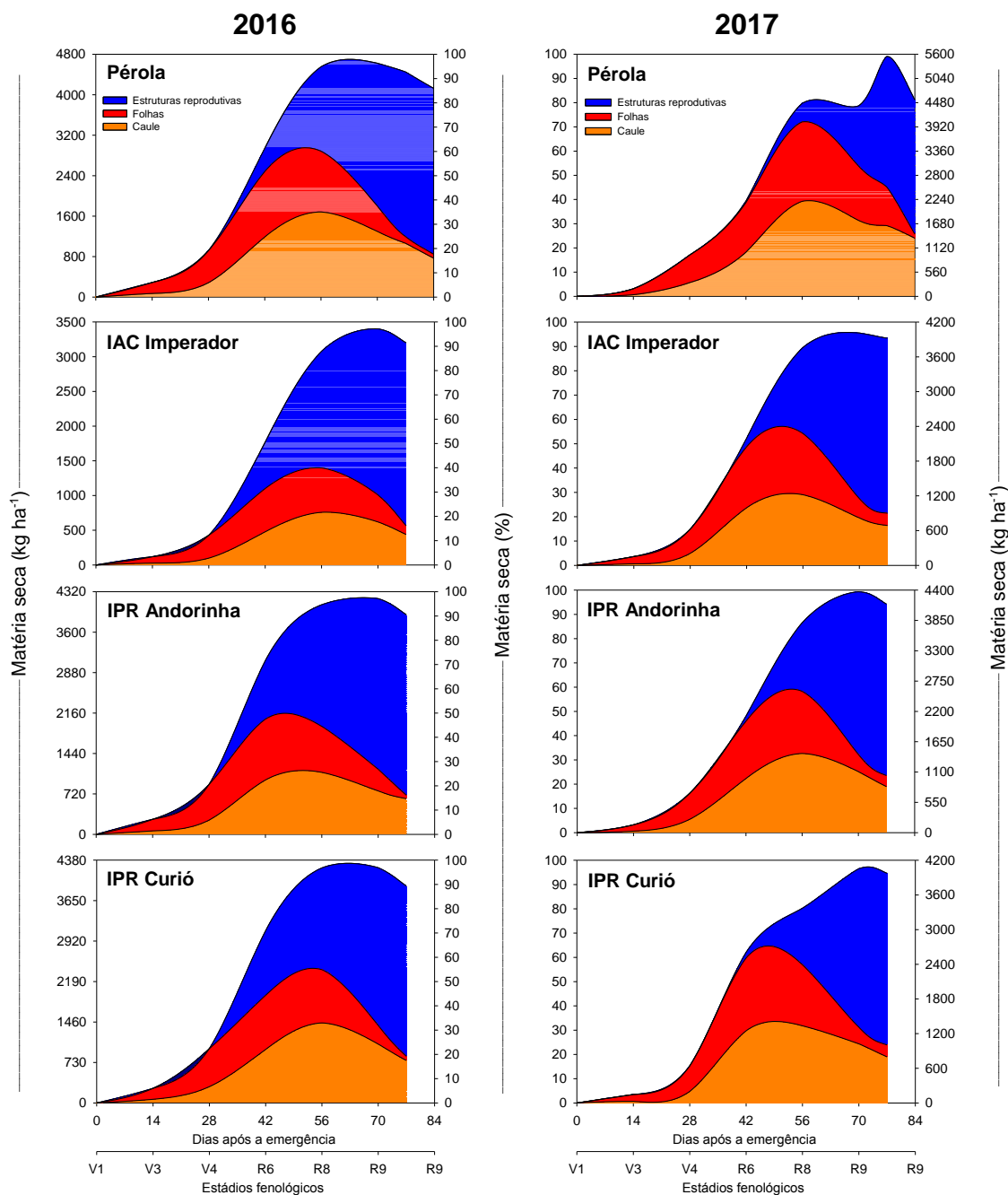
**Figura 4 - Acúmulo de matéria seca total na parte aérea, (A e B), taxa de acúmulo de matéria seca nas estruturas reprodutivas (C e D) e taxa de acúmulo de matéria seca total na parte aérea (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017.**

**\*\* é: significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Barras verticais indicam os valores de DMS entre os tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**





**Figura 5 - Acúmulo e redistribuição de matéria seca no caule, nas folhas, nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**



### 5.1.3 Acúmulo e partição de nitrogênio na parte aérea

Os maiores teores de N no caule e nas folhas foram obtidos aos 14 DAE (primeira folha trifoliada), independentemente dos anos e das cultivares de feijão-comum (Tabela 5). Após essa época de amostragem, houve redução nos teores de

N no caule e nas folhas. Essa redução pode ter ocorrido em decorrência do aumento no acúmulo de MS nesses órgãos, que promoveu maior diluição do N planta (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D). De acordo com Lemaire et al. (2008), aumentos no acúmulo de MS podem diminuir o teor de N na parte aérea das plantas por promover uma maior diluição N nas plantas. Além disso, essa diminuição nos teores de N no caule e nas folhas podem ter ocorrido em função da sua redistribuição para as estruturas reprodutivas, uma vez que o N apresenta alta mobilidade na planta (MALAVOLTA et al., 1997). Nas estruturas reprodutivas, os maiores teores de N foram observados aos 42 DAE (florescimento) e posteriormente diminuíram em ambos os anos e cultivares de feijão. Essa redução pode estar associada ao aumento na quantidade de MS acumulada nas estruturas reprodutivas que resultou em uma diluição do teor de N nesse órgão (Figuras 3E e 3F).

No ano de 2016, o acúmulo de N no caule da cv. Pérola aumentou até aos 54 DAE (enchimento das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentaram até aos 50 DAE (enchimento das vagens) (Figura 6A). Em 2017, o acúmulo de N no caule da cv. Pérola foi incrementado até aos 56 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentou até aos 52 DAE (enchimento das vagens) (Figura 6B). Esse aumento no acúmulo de N no caule das cultivares de feijão-comum ocorreu principalmente devido ao aumento no acúmulo de MS nesse mesmo órgão até aos 56 DAE (enchimento das vagens). A partir de os 56 DAE, ocorreram reduções no acúmulo de N no caule de todas as cultivares de feijão-comum, independentemente dos anos. Essas reduções podem ser atribuídas a diminuição no acúmulo de MS no caule, a diminuição nos teores de N no caule e a redistribuição do N acumulado no caule para as estruturas reprodutivas, pois o N apresenta alta mobilidade na planta (MALAVOLTA et al., 1997) (Figuras 3A, 3B, 6A, 6B, 6E, 6F e Tabela 5). Soratto et al. (2013b), também observaram aumentos no acúmulo de N em cultivares de feijão-comum até o estágio R7, com e redução nas épocas de amostragens seguintes.

Nas épocas de amostragens realizadas entre os 42 e 77 DAE (florescimento e maturação) foram observados os maiores acúmulos de N no caule da cv. Pérola, enquanto que na cv. IAC Imperador foram observados os menores valores, independentemente dos anos (Figuras 6A e 6B). Esses resultados ocorreram

principalmente em função do acúmulo de MS no caule dessas cultivares, que foi maior na cv. Pérola e menor na cv. IAC Imperador (Figuras 3A, 3B, 6A e 6B).

**Tabela 5 - Teores de nitrogênio ao longo do ciclo e em cada órgão das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017**

Cultivares	Dias após a emergência						
	14	28	42	56	70	77	84
	g kg <sup>-1</sup>						
	2016						
	Caule						
Pérola	24	19	15	11	9	9	9
IAC Imperador	24	27	18	11	9	10	-
IPR Andorinha	23	20	16	11	9	10	-
IPR Curió	25	18	17	10	8	9	-
	Folhas						
Pérola	51	43	47	35	26	30	20
IAC Imperador	58	49	46	34	28	28	-
IPR Andorinha	50	45	44	31	25	22	-
IPR Curió	53	41	46	34	25	24	-
	Estruturas reprodutivas						
Pérola	-	-	51	35	22	22	22
IAC Imperador	-	-	49	30	22	21	-
IPR Andorinha	-	-	42	26	22	21	-
IPR Curió	-	-	33	25	20	20	-
	2017						
	Caule						
Pérola	21	16	12	12	7	6	6
IAC Imperador	23	13	12	13	6	5	-
IPR Andorinha	23	16	12	17	6	4	-
IPR Curió	23	17	14	17	6	4	-
	Folhas						
Pérola	42	39	33	33	24	4	3
IAC Imperador	43	34	33	33	16	7	-
IPR Andorinha	38	37	32	32	17	5	-
IPR Curió	39	37	33	32	15	6	-
	Estruturas reprodutivas						
Pérola	-	-	38	37	21	22	22
IAC Imperador	-	-	38	25	22	21	-
IPR Andorinha	-	-	40	30	20	20	-
IPR Curió	-	-	36	28	20	19	-

No ano de 2016, o acúmulo de N nas folhas das cvs. Pérola e IAC Imperador aumentou até aos 44 DAE (formação das vagens), ao passo que nas cvs. IPR Andorinha e IPR Curió foi incrementado até aos 40 DAE (florescimento) (Figura 6C). Em 2017, o acúmulo de N nas folhas da cv. Pérola aumentou até aos 52 DAE (formação das vagens), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió aumentou até aos 46 DAE (formação das vagens) (Figura 6D). Os aumentos no acúmulo de N nas folhas até as épocas de amostragens situadas entre os 42 e 56 DAE ocorreram maioritariamente devido aos aumentos no acúmulo de MS nas folhas

até essas mesmas épocas de amostragens (Figura 3C, 3D, 6C e 6D). Nos estádios finais de desenvolvimento foram observadas reduções no acúmulo de N nas folhas de todas as cultivares de feijão-comum, independentemente dos anos. Essas reduções podem ser atribuídas a paralisação no acúmulo de MS nas folhas nos estádios de desenvolvimento finais das cultivares de feijão-comum, a diminuição nos teores de N nas folhas e a alta redistribuição do N acumulado nas folhas para as estruturas reprodutivas (Figuras 3C, 3D, 6C, 6D, 6E, 6F e Tabela 6). A alta redistribuição do N acumulado nas folhas para as estruturas reprodutivas ocorreu devido ao N apresentar alta mobilidade na planta (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, a senescência e abscisão foliar também podem ter influenciado na acentuada diminuição no acúmulo de N nas folhas. Durante a senescência as plantas apresentam maior potencial de perda de N por volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ) (VALLIS; KEATING, 1994) e diminuição da atividade das enzimas sintetases de glutamina e de glutamato, que são as enzimas responsáveis pela assimilação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (CANTARELLA, 2007). Soratto et al. (2013b), também obtiveram acentuada redução no acúmulo de N nas folhas nos estádios de desenvolvimento finais de cultivares de feijão-comum.

Em 2016, nas épocas de amostragens realizadas aos 56 e 77 DAE (enchimento das vagens e maturação), a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N nas folhas do que a cv. IAC Imperador. Em 2017, nessas mesmas épocas de amostragens, a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N nas folhas do que as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (Figura 6C e 6D). Esses resultados podem ser atribuídos principalmente ao maior acúmulo de MS nas folhas da cv. Pérola em ambos os anos (Figura 3C e 3D).

Independentemente dos anos, o acúmulo de N nas estruturas reprodutivas teve início pouco antes de os 42 DAE (florescimento), com incremento até aos 77 DAE (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) e 84 DAE (Pérola), quando ambas as cultivares se apresentavam no estádio de desenvolvimento de maturação (Figuras 6E e 6F). Esses aumentos no acúmulo de N nas estruturas reprodutivas foram ocasionados principalmente devido redistribuição do N acumulado no caule e nas folhas para as estruturas reprodutivas, como observado para o acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas (Figuras 3 e 6). Soratto et al. (2013b), também observaram aumentos no acúmulo de N nas estruturas reprodutivas de cultivares de feijão-

comum entre os estádios R6 e R9 e atribuíram a esses resultados a redistribuição do N acumulado no caule e nas folhas para as estruturas reprodutivas.

Em 2016, aos 42 e 70 DAE (florescimento e maturação), as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió apresentam os maiores acúmulos de N nas estruturas reprodutivas (Figura 6E). Contudo, aos 77 DAE (maturação), a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N nas estruturas reprodutivas do que a cv. IAC Imperador. Em 2017, aos 56 e 70 DAE (enchimento das vagens e maturação), as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió apresentaram maior acúmulo de N nas estruturas reprodutivas do que a cv. Pérola (Figura 6F). Entretanto, aos 77 DAE a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N nas estruturas reprodutivas do que a cv. IPR Curió. Esses resultados ocorreram maiormente em função do acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas, que de maneira geral, nos estádios de florescimento e enchimento das vagens foram maiores nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, enquanto que no final do estágio de maturação foi maior na cv. Pérola (Figuras 3E, 3F, 6E e 6F).

O acúmulo total de N na parte aérea de todas as cultivares de feijão-comum até aos 14 DAE (primeira folha trifoliada) foi pouco incrementado, de modo que atingiu aproximadamente 10% do acúmulo máximo de N na parte aérea em ambos os anos (Figuras 7A, 7B e 8). Esses resultados ocorreram principalmente devido ao baixo acúmulo de MS total na parte aérea das cultivares de feijão durante esse mesmo período (Figuras 4A, 4B, 7A, 7B e 8). A partir de os 14 DAE, houve um elevado incremento no acúmulo total de N na parte aérea de todas as cultivares de feijão-comum. Em 2016, o acúmulo máximo de N na parte aérea (100%) das cvs. Pérola ( $116 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e IAC Imperador ( $85 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) ocorreu aos 59 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IPR Andorinha ( $107 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e IPR Curió ( $103 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) foi obtido aos 55 DAE (enchimento das vagens) (Figura 7A). Em 2017, o acúmulo máximo de N na parte da cv. Pérola ( $91 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) ocorreu aos 64 DAE (enchimento das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador ( $87 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), IPR Andorinha ( $92 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e IPR Curió ( $82 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) ocorreu aos 60 DAE (enchimento das vagens) (Figura 7B). De maneira geral, as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió) apresentaram os máximos acúmulos de N na parte aérea antes do que a cultivar de ciclo normal (Pérola), independentemente dos anos (Figuras 7A e 7B). Esses resultados podem influenciar diretamente nos manejos da adubação

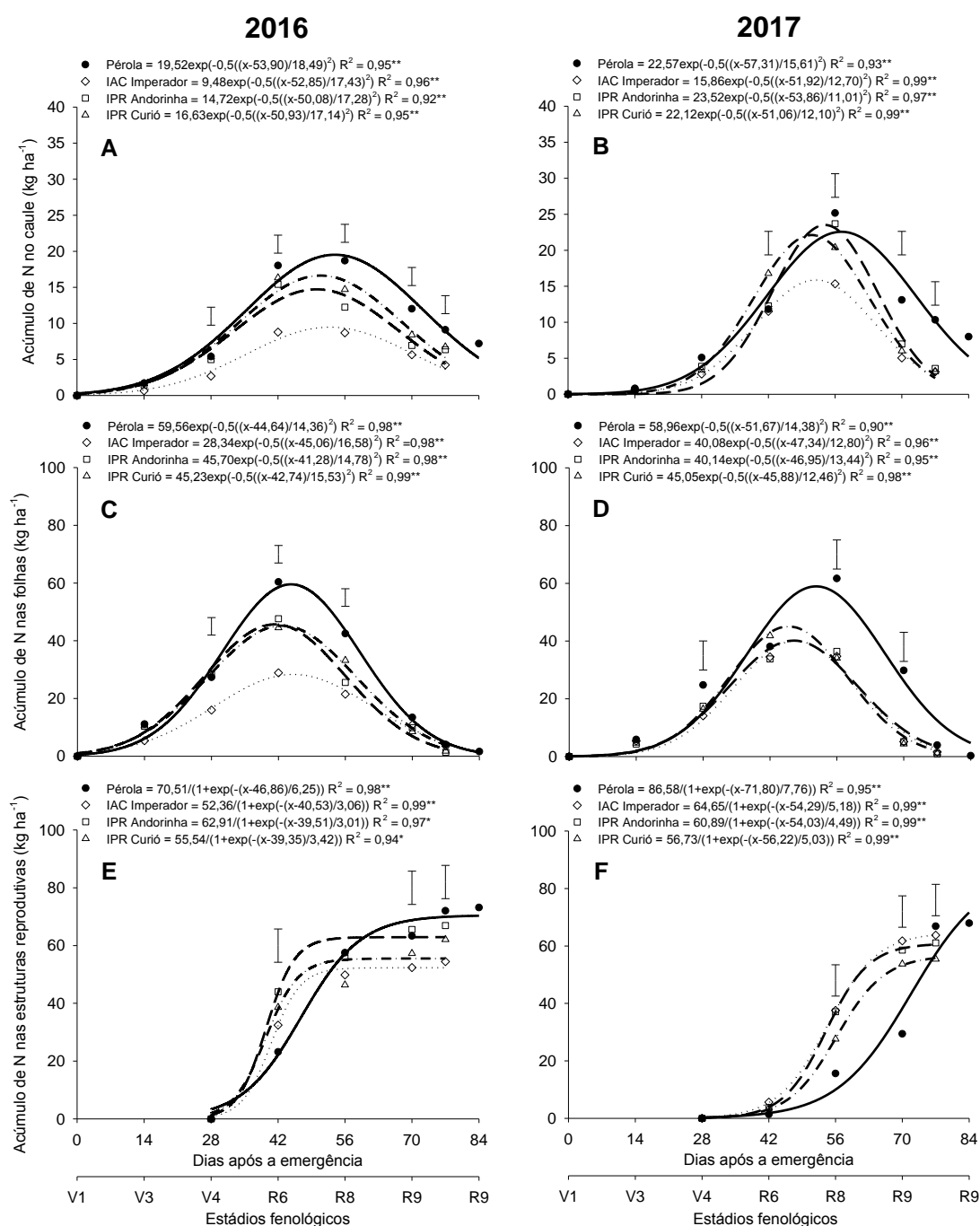
nitrogenada de cobertura na cultura do feijão-comum, principalmente nas épocas de aplicação do N na adubação de cobertura, de forma que, nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce o manejo da adubação nitrogenada de cobertura pode ser realizado antes do que nas cultivares de ciclo normal. Após os estádios de desenvolvimento em que foram obtidos os acúmulos máximos de N parte aérea, ocorreram reduções de aproximadamente 15 % no acúmulo de N na parte aérea de todas as cultivares de feijão-comum, independentemente dos anos. Essas reduções podem ter ocorrido em função das diminuições no acúmulo de MS e nos acúmulos de N no caule e nas folhas das cultivares de feijão-comum durante os seus estádios de desenvolvimento finais. Soratto et al. (2013b), também observaram reduções no acúmulo total de N na parte aérea de cultivares de feijão-comum após o estágio R8 e atribuíram a esses resultados as diminuições no acúmulo de MS.

Em 2016, entre as épocas de amostragens realizadas aos 28 e 77 DAE (terceira folha trifoliada e maturação), a cv. Perola apresentou os maiores acúmulos de N na parte aérea, diferindo principalmente da cv. IAC Imperador, que apresentou os menores acúmulos de N na parte aérea (Figura 7A). Em 2017, aos 56 DAE (enchimento das vagens), a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N do que a cv. IPR Curió (Figura 7B). Aos 77 DAE (maturação), a cv. Pérola apresentou maior acúmulo de N do que as demais cultivares de feijão-comum. Esses resultados podem ser atribuídos ao acúmulo de MS total da parte aérea, que de maneira geral, foram maiores na cv. Pérola e menores nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (Figura 6).

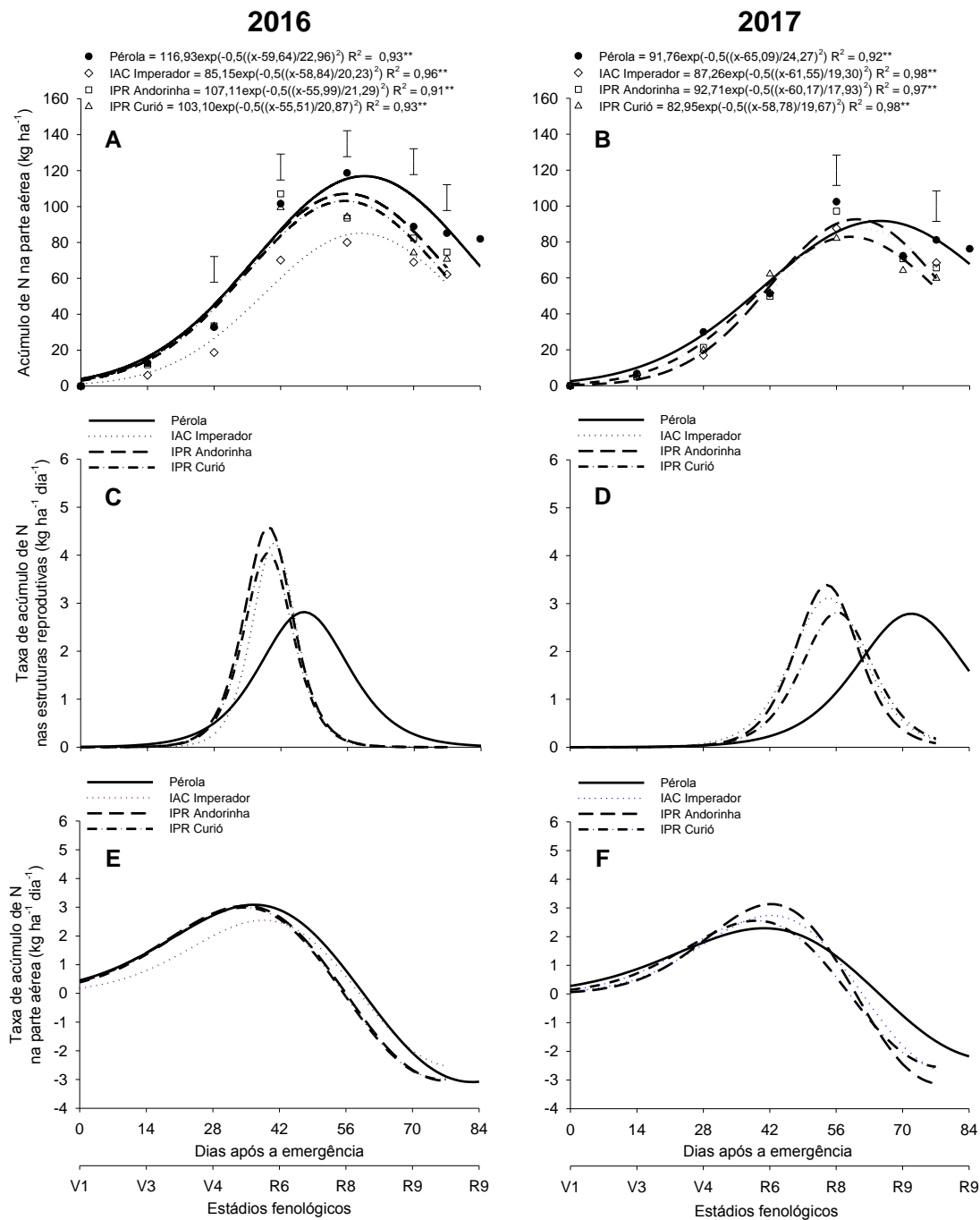
Em 2016, a taxa máxima de acúmulo de N nas estruturas reprodutivas da cv. Pérola ocorreu aos 46 DAE (formação das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió foi obtida aos 40 DAE (florescimento) (Figura 7C). Em 2017, a taxa máxima de acúmulo de N nas estruturas reprodutivas da cv. Pérola foi obtida aos 70 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió ocorreu aos 53 DAE (enchimento das vagens) (Figura 7D). De maneira geral, nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce as taxas máximas de acúmulo de MS nas estruturas reprodutivas ocorreram antes do que na cultivar de ciclo normal, independentemente dos anos (Figuras 4C e 4D). Portanto, a demanda de N pelas estruturas reprodutivas das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce se inicia antes e em maiores quantidades do que na cultivar de ciclo normal. Como relatado anteriormente, esses resultados podem

influenciar diretamente nas épocas de aplicação do N na adubação de cobertura, de forma que, nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce o manejo da adubação nitrogenada de cobertura pode ser realizado antes do que nas cultivares de ciclo normal.

**Figura 6 - Acúmulo de nitrogênio no caule (A e B), nas folhas (C e D) e nas estruturas reprodutivas (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. \*\* é significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Barras verticais indicam os valores de DMS entre os tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**



**Figura 7 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (A e B), taxa de acúmulo de nitrogênio nas estruturas reprodutivas (C e D) e taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea (E e F) ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. \*\* é: significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Barras verticais indicam os valores de DMS entre os tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**

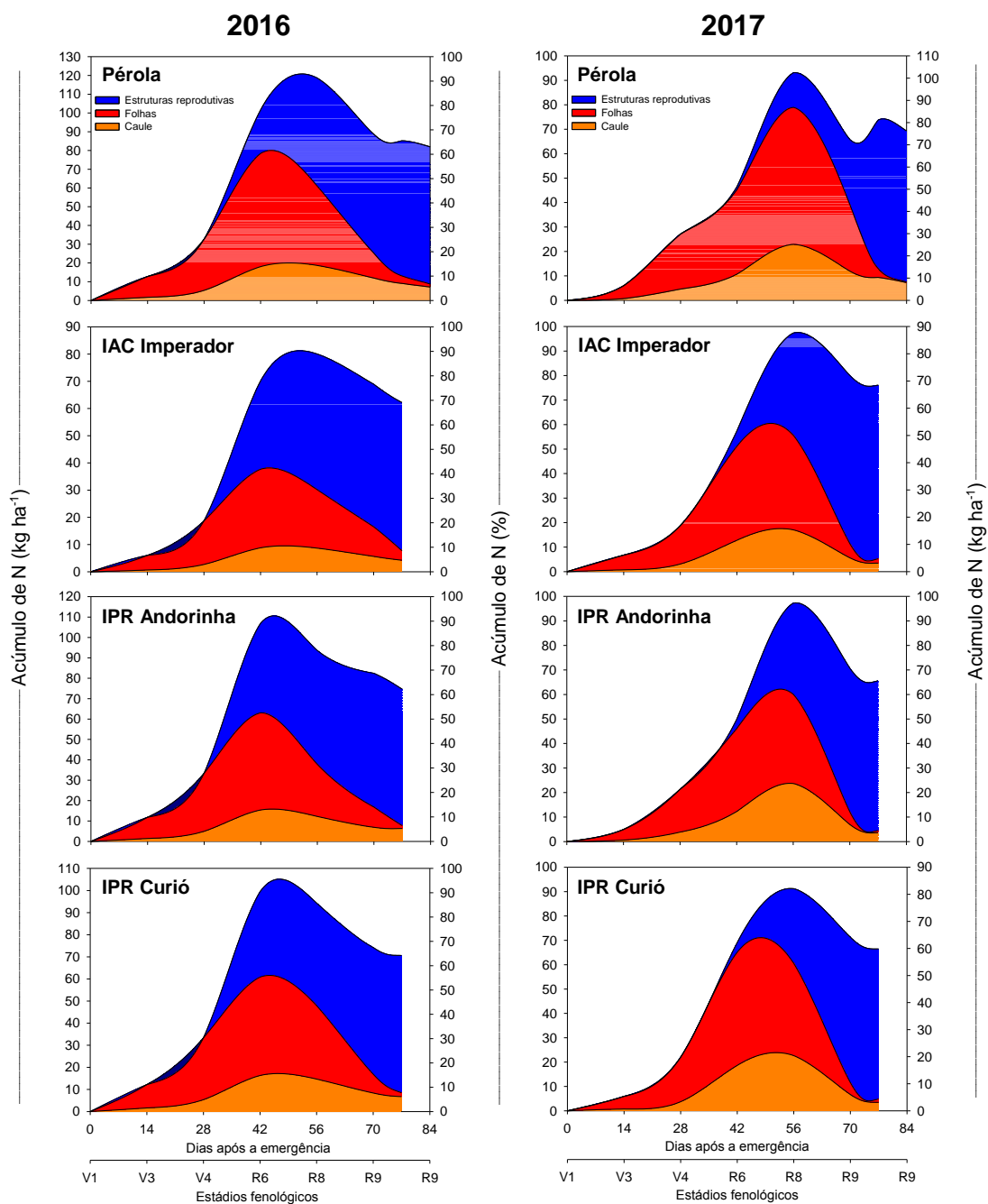


As maiores taxas de acúmulo de N na parte aérea ocorreram entre os 36 e 42 DAE em todas as cultivares de feijão, independentemente dos anos (Figuras 7E e 7F). Resultados semelhantes foram obtidos para a taxa máxima de acúmulo de MS



nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea das cultivares de feijão-comum (Figuras 4C, 4D, 4E e 4F).

**Figura 8 - Acúmulo e redistribuição de nitrogênio no caule, nas folhas, nas estruturas reprodutivas e total na parte aérea ao longo do ciclo das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017. V1, V3, V4, R6, R8 e R9 são os estádios fenológicos em que as cultivares de feijão-comum se encontravam aos 14, 28, 42, 56, 70, 77 e 84 DAE, respectivamente**



#### 5.1.4 Diagnose foliar

De maneira geral, os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió estavam dentro da faixa de teores adequados para a cultura do feijão-comum, independentemente dos anos (Tabela 6). Entretanto, os teores de S na folha diagnose de todas as cultivares se apresentaram abaixo da faixa recomendada para a cultura do feijão-comum. De acordo com Ambrosano et al. (1997), as faixas de teores adequados para a cultura do feijão se situam entre 30 e 50 g de N kg<sup>-1</sup>; 2,5 e 4,0 g de P kg<sup>-1</sup>; 20 e 24 g de K kg<sup>-1</sup>; 10 e 25 g de Ca kg<sup>-1</sup>; 2,5 e 5,0 g de Mg kg<sup>-1</sup>; 2,0 e 3,0 g de S kg<sup>-1</sup>; 4 e 20 mg de Cu kg<sup>-1</sup>; 40 e 140 mg de Fe kg<sup>-1</sup>; 15 e 100 mg de Mn kg<sup>-1</sup> e 18 e 50 mg de Zn kg<sup>-1</sup>. Os adequados teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum foram obtidos em função da adequada disponibilidade desses nutrientes no solo, principalmente na camada de 0,0-0,20 m (Tabelas 3 e 6). Já os baixos teores de S na folha diagnose dos cultivares de feijão foram obtidos devido a sua baixa disponibilidade no solo na camada de 0,0-0,20 m (RAIJ et al., 2001). Fernandes et al. (2013) e Soratto et al. (2013b), avaliaram os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum e obtiveram resultados semelhantes aos observados com as cultivares Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió.

**Tabela 6 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017**

Tratamentos	N					P					K					Ca					Mg					S					Cu					Fe					Mn					Zn				
	(g kg <sup>-1</sup> )											(mg kg <sup>-1</sup> )																																						
Anos																																																		
2016	46a <sup>(1)</sup>	3,1a	26a	10,9a	5,0a	1,1a	7,1a	154a	110a	32a																																								
2017	32b	2,3b	18b	11,4a	3,6b	1,0a	6,1b	122b	94b	19b																																								
Cultivares																																																		
Pérola	40a	2,7a	19b	10,6bc	4,5a	0,9a	7,1a	140a	104a	27a																																								
IAC Imperador	37a	2,7a	24a	12,6a	4,5a	1,1a	7,4a	133a	104a	26a																																								
IPR Andorinha	40a	2,7a	23ab	11,5ab	4,3a	1,1a	5,6a	144a	103a	25a																																								
IPR Curió	38a	2,7a	22ab	9,9c	4,1a	1,1a	6,5a	136a	98a	24a																																								
											Nível de probabilidade ( <i>P</i> > <i>F</i> )																																							
Anos (A)	0,001	<0,001	<0,001	0,134	<0,001	0,054	0,047	0,006	0,001	0,001																																								
Cultivares (C)	0,458	0,972	0,025	<0,001	0,140	0,065	0,052	0,887	0,755	0,401																																								
Interação A×C	0,302	0,323	0,270	0,125	0,736	0,161	0,073	0,373	0,649	0,602																																								
CV (%)	11,0	8,9	13,0	9,4	8,5	14,1	19,9	21,3	12,5	16,7																																								

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (anos e cultivares), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão foram influenciados significativamente pelos anos, sendo os maiores teores observados no ano de 2016 (Tabela 6). Os teores de K e Ca foram influenciados significativamente pelas cultivares de feijão-comum. A cv. IAC Imperador apresentou maior teor de Ca do que a cv. Pérola e maior teor de K do que as cvs. Pérola e IPR Curió.

### **5.1.5 Componentes de produção e produtividade de grãos**

A população de plantas foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum, com interação significativa entre anos x cultivares (Tabelas 7 e 8). Em 2016, a cv. IPR Curió apresentou maior população (283.333 plantas ha<sup>-1</sup>) do que as demais cultivares de feijão-comum. Em 2017, a cv. IPR Curió demonstrou maior população de plantas do que a cv. IPR Andorinha. A cv. IAC Imperador apresentou maior população de plantas no ano de 2017 (238.888 plantas ha<sup>-1</sup>) e a IPR Curió no ano de 2016 (283.333 plantas ha<sup>-1</sup>). Para as cvs. Pérola e IPR Andorinha não foram observadas diferenças significativas entre os anos para a população de plantas. De maneira geral, as populações de plantas obtidas em todas as cultivares de feijão-comum e em ambos os anos estão adequadas para a cultura do feijão-comum. Segundo Souza et al. (2002), a faixa de população de plantas adequada para a cultura do feijão-comum se situa entre 120-300 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

O número de vagens por planta foi influenciado significativamente pelos anos e cultivares de feijão-comum, com interação significativa entre anos x cultivares (Tabelas 7 e 8). O maior número de vagens por planta foi obtido com a cv. IAC Imperador nos anos de 2016 (14,6 vagens planta<sup>-1</sup>) e 2017 (13,6 vagens planta<sup>-1</sup>). A cv. IPR Curió apresentou maior número de vagens por planta no ano de 2017 (11,7 vagens planta<sup>-1</sup>). Para as cvs. Pérola, IAC Imperador e IPR Andorinha não foram observadas diferenças significativas entre os anos para o número e vagens por planta. De modo geral, os maiores números de vagens por planta foram obtidos com as cultivares que apresentaram menor população de plantas. Nesse sentido, esses resultados podem ter ocorrido devido a cultura do feijão-comum apresentar capacidade de compensação dos seus componentes de produção, ou seja, quando cultivado em baixas populações compensa a sua produtividade de grãos aumentando o número de vagens por planta. Arf et al. (2011), relataram que a

cultura do feijão-comum apresenta capacidade de compensação dos seus componentes de produção.

**Tabela 7 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017**

Tratamentos	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Número de vagens planta <sup>-1</sup>	Número de grãos vagem <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Anos					
2016	246.528 <sup>(1)</sup>	11,2	4,1a	27,9	3.108a
2017	244.444	11,9	4,1a	25,9	3.107a
Cultivares					
Pérola	251.388	10,6	4,0a	30,4	3.231a
IAC Imperador	225.000	14,1	4,1a	22,4	2.912a
IPR Andorinha	235.417	11,1	4,3a	28,7	3.184a
IPR Curió	270.139	10,7	4,1a	26,2	3.104a
	Nível de probabilidade ( $P > F$ )				
Anos (A)	0,692	0,031	0,920	<0,001	0,995
Cultivares (C)	<0,001	<0,001	0,480	<0,001	0,429
Interação AxC	0,005	0,017	0,797	<0,001	0,599
CV (%)	5,9	7,8	8,0	3,9	13,0

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (anos e cultivares), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de grãos por vagem não foi influenciado pelos anos e cultivares de feijão-comum (Tabelas 7). Esses resultados podem ter ocorrido devido a esse componente de produção apresentar alta herdabilidade genética (ANDRADE et al., 1998), e em função disso não terem sido influenciados pelos fatores climáticos ocorridos durante os anos de 2016 e 2017. Além disso, estudos demonstram que o número de grãos por vagem nas cultivares de feijão se situam entre 4 e 5 grãos por vagem (ARF et al., 2011; MAIA et al., 2012; SANTOS et al., 2015; SORATTO et al., 2004; 2005; 2014).

A massa de 100 grãos foi influenciada significativamente pelos anos e cultivares de feijão-comum, com interação significativa entre anos x cultivares (Tabelas 7 e 8). Em 2016, a cv. Pérola apresentou maior massa de 100 grãos (32,7 g) do que as demais cultivares de feijão-comum. Em 2017, as maiores massas de 100 grãos foram obtidas nas cvs. IPR Andorinha (28,3 g) e Pérola (28,0 g), ao passo que as cvs. IAC Imperador e IPR Curió apresentaram as menores massas de 100 grãos. As maiores massas de 100 grãos nas cvs. Pérola (32,7 g) e IPR Curió (28,2 g) foram obtidas no ano de 2016, enquanto que nas cv. IAC Imperador (23,3 g) foi obtida em

2017. Para a cv. IPR Andorinha não foram observadas diferenças significativas entre os anos para a massa de 100 grãos.

**Tabela 8 - Desdobramento da interação entre anos x cultivares para a população de plantas, número de vagens por planta e massa de 100 grãos das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017**

Anos	Cultivares			
	Pérola	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
		População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )		
2016	247.222bA <sup>(1)</sup>	211.111cB	244.444bA	283.333aA
2017	255.555aA	238.888abA	226.389bA	256.944aB
		Número de vagens planta <sup>-1</sup>		
2016	10,3bA	14,6aA	10,5bA	9,7bB
2017	10,8bA	13,6aA	11,8bA	11,7bA
		Massa de 100 grãos (g)		
2016	32,7aA	21,6cB	29,1bA	28,2bA
2017	28,0aB	23,3bA	28,3aA	24,1bB

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos não foi influenciada significativamente pelos anos e cultivares de feijão-comum (Tabela 7). De maneira geral, para a população de plantas, número de vagens por planta e massa de 100 grãos foram observadas diferenças entre os anos e cultivares de feijão-comum. Dessa forma, poderiam ocorrer diferenças na produtividade de grãos dessas cultivares em função dessa variação nos seus componentes de produção. Entretanto, esses resultados não ocorreram e podem ser atribuídos maiormente a capacidade que cultura do feijão-comum apresenta de compensar os seus componentes de produção com o objetivo de manter a sua produtividade de grãos. Embora não se tenha observado diferenças estatísticas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e normal foi possível observar que a cv. IAC Imperador apresentou produtividade de grãos 10, 9 e 7% menor do que as cvs. Pérola, IPR Andorinha e IPR Curió, respectivamente.

### 5.1.6 Teor nos grãos e exportação de nitrogênio

A exportação de N pelos grãos (kg ha<sup>-1</sup>) das cultivares de feijão-comum não foi influenciada significativamente pelos anos (Tabela 9). A ausência de diferenças significativas entre os anos de 2016 e 2017 para a exportação de N pode ter ocorrido em função de os teores de N nos grãos e a produtividade de grãos das

cultivares de feijão-comum terem sido semelhantes em ambos os anos (Tabelas 7 e 9). Já as cultivares de feijão-comum apresentaram diferenças significativas para os teores de N nos grãos e exportação de N (Tabela 9). A maior exportação de N foi obtida com a cv. Pérola (80 kg de N ha<sup>-1</sup>), enquanto que a menor foi obtida com a cv. IAC Imperador (64 kg de N ha<sup>-1</sup>). O maior teor de N nos grãos e produtividade de grãos obtidas com a cv. Pérola foram determinantes para a obtenção desses resultados. Além disso, é importante se considerar que a cv. Pérola apresentou maior acúmulo total de N na parte aérea do que a cv. IAC Imperador (Figura 7). As quantidades de N exportadas por todas as cultivares de feijão-comum foram semelhantes às obtidas em estudo conduzido por Soratto et al. (2013b).

**Tabela 9 - Teor nos grãos e exportação de nitrogênio pelas cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió cultivadas durante os anos de 2016 e 2017**

Tratamentos	Teor de N	Exportação total N	Exportação de N por tonelada de grãos
	(g kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg de N t <sup>-1</sup> )
Anos			
2016	27a <sup>(1)</sup>	74a	24a
2017	25b	69b	22b
Cultivares			
Pérola	28a	80a	25a
IAC Imperador	25b	64b	22b
IPR Andorinha	26ab	73ab	23ab
IPR Curió	25b	68b	22b
Nível de probabilidade ( $P > F$ )			
Anos (A)	0,011	0,068	0,011
Cultivares (C)	0,021	0,002	0,021
Interação AxC	0,850	0,403	0,800
CV (%)	7,9	10,3	8,0

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (anos e cultivares), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A exportação de N pelos grãos (kg de N t<sup>-1</sup>) foi influenciada significativamente pelos anos e cultivares de feijão-comum (Tabela 9). A maior exportação de N pelos grãos das cultivares de feijão-comum ocorreu durante o ano de 2016 (24 kg de N t<sup>-1</sup>), o que pode ser atribuído principalmente ao maior teor de N nos grãos, produtividade de grãos e exportação de N obtidas durante esse mesmo ano (Tabelas 7 e 9). A cv. Pérola apresentou maior exportação de N (25 kg de N t<sup>-1</sup>) do que as cultivares IAC Imperador e IPR Curió. Esses resultados podem ser atribuídos aos teores de N nos grãos, produtividade de grãos e exportação de N pelos grãos, que foram maiores na cv. Pérola e menores nas cvs. IAC Imperador e IPR Curió (Tabelas 7 e 9). Soratto et al. (2013b) estudaram a exportação de N em cultivares de feijão-comum e também

observaram exportações de aproximadamente 25 kg de N por tonelada de grãos de feijão produzido.

Considerando a média dos anos, os acúmulos máximos de N nas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió foram de 104, 86, 99 e 92 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figuras 6, 7 e 8). Dessas quantidades, foram exportados pelas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió 80, 64, 73 e 68 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Tabela 9). Portanto, de modo respectivo, as exportações relativas de N pelas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió foram de 77, 74, 73 e 73%.

## 5.2 Experimento II

### 5.2.1 Diagnose foliar

De maneira geral, em 2016, os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió se situaram dentro da faixa de teores adequados para a cultura do feijão-comum (AMBROSANO et al., 1997), o que ocorreu devido adequada disponibilidade desses nutrientes no solo, principalmente na camada de 0,0-0,20 m (Tabelas 3 e 10) (RAIJ et al., 2001). Fernandes et al. (2013) e Soratto et al. (2013b), observaram teores semelhantes desses nutrientes na folha diagnose de cultivares de feijão-comum. Os teores de S na folha diagnose de ambas as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce se apresentaram abaixo da faixa adequada para a cultura do feijão-comum, que é de 2,0 a 3,0 g de S kg<sup>-1</sup> (AMBROSANO et al., 1997) (Tabela 10). Esse resultado pode ter ocorrido em função da disponibilidade de S no solo, que na camada de 0,0-0,20 m apresentou baixo teor de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (RAIJ et al., 2001) (Tabelas 3 e 10).

Os teores de N na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foram influenciados significativamente apenas pelos manejos da adubação nitrogenada (Tabela 10). O manejo M5 (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 90 kg de ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maior teor de N na folha diagnose (51 g de N kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1 (sem a aplicação de N em cobertura), M2 (90 kg de ha<sup>-1</sup> de N em V3), M3 (90 kg de ha<sup>-1</sup> de N em V4), M6 (tratamento manejado conforme o ISN (clorofilômetro)) e M7 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura). Esse resultado pode

ter ocorrido devido à aplicação da maior dose de N nesse manejo (220 kg de N ha<sup>-1</sup>) e ao parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura com parte da aplicação no estágio de desenvolvimento R5, que antecede o estágio R6, ou seja, o estágio em que foram coletadas as folhas diagnósticas das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. Aumentos nos teores de N na folha diagnose da cultura do feijão-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura foram obtidos em estudos conduzidos por Soratto et al. (2004). No manejo M1, o alto teor de N na folha diagnose (45 g de N kg<sup>-1</sup>) pode ter ocorrido devido ao alto teor de N (mineral) no solo (Tabela 3). Além disso, em 2016, o menor acúmulo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foi obtida no M1, o que provavelmente promoveu uma menor diluição dos teores de N na folha diagnose dessas cultivares (Tabela 15). De acordo com Lemaire et al. (2008) aumentos no acúmulo de MS das plantas podem promover uma maior diluição do N.

Os teores de P, K, Cu e Fe na folha diagnose foram influenciados significativamente apenas pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 10). A cv. IPR Andorinha apresentou maior teor de P na folha diagnose (3,3 g de P kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IPR Curió. A cv. IAC Imperador demonstrou maior teor de K na folha diagnose (26 g de K kg<sup>-1</sup>) do que as demais cultivares de feijão-comum. Já cv. IPR Curió mostrou maior teor de Cu na folha diagnose (8,3 mg de Cu kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IAC Imperador. Por fim, a cv. IAC Imperador apresentou maior de Fe na folha diagnose (163 mg de Fe kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IPR Andorinha. Essas variações nos teores de nutrientes na folha diagnose podem ter ocorrido principalmente em função de essas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce apresentarem diferentes exigências nutricionais.

Os teores de Ca na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foram influenciados significativamente apenas pelos manejos da adubação nitrogenada (Tabela 10). O manejo M5 proporcionou maior teor de Ca na folha diagnose (9,9 g de Ca kg<sup>-1</sup>) das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce do que os manejos M1, M2 e M7 (aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura). Esse resultado pode estar relacionado ao maior acúmulo de MS na parte aérea dos cultivares de feijão-comum obtida com o manejo M5, pois com o maior desenvolvimento vegetativo a planta necessita formar uma maior quantidade de parede celular e o Ca é um dos nutrientes responsáveis por esse processo, como relatado por Malavolta et al. (1997) (Tabela 10 e 15).



Para os teores de Mg, S e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foram obtidas interações significativas entre cultivares  $\times$  manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 10 e 11). Nos manejos M3 e M6, a cv. IAC Imperador apresentou maiores teores de Mg na folha diagnose do que a cv. IPR Curió. Nos demais manejos da adubação nitrogenada não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de Mg na folha diagnose. Na cv. IAC Imperador, o manejo M5 proporcionou maior teor de Mg na folha diagnose (5,5 g de Mg kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M2 e M7. Na cv. IPR Andorinha não foram obtidas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de Mg na folha diagnose. Na cv. IPR Curió, o manejo M5 proporcionou maior teor de Mg na folha diagnose (4,8 g de Mg kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M6 e M7.

Para os teores de S na folha diagnose, no manejo M1, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 10). De maneira geral, nos demais manejos a cv. IPR Curió apresentou maior teores de S na folha diagnose do que as cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha. Nas cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de S na folha diagnose. Na cv. IPR Curió, o manejo M4 (45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) proporcionou maior teor de S na folha diagnose (2,0 g de S kg<sup>-1</sup>) do que o manejo M1.

Nos teores de Zn na folha diagnose, apenas no M2 foram observadas diferenças entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabelas 11 e 12). No manejo M2, cv. IAC Imperador mostrou maior teor de Zn na folha diagnose (52 mg de Zn kg<sup>-1</sup>) do que as cvs. IPR Andorinha e IPR Curió. Na cv. IAC Imperador, o manejo M2 proporcionou maior teor de Zn na folha diagnose (52 mg de Zn kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M4, M5, M6 e M7. Na cv. IPR Andorinha, o manejo M6 resultou no maior teor de Zn na folha diagnose (42 mg de Zn kg<sup>-1</sup>) do que o manejo M4. Para a cv. IPR Curió, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de Zn na folha diagnose.

**Tabela 10 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Tratamentos	(g kg <sup>-1</sup> )						(mg kg <sup>-1</sup> )			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivares										
IAC Imperador	44a <sup>(1)</sup>	3,2ab	26a	9,6a	4,6	1,0	7,3b	163a	100a	37
IPR Andorinha	46a	3,3a	23b	8,8a	4,4	1,2	8,0ab	151b	100a	34
IPR Curió	46a	3,1b	22b	6,9b	4,1	1,6	8,3a	153ab	100a	35
Manejos do N <sup>(2)</sup>										
M1	45bc	3,3a	24a	6,4c	3,3	1,2	8,2a	164a	97a	30
M2	44bcd	3,3a	23a	8,1b	4,1	1,2	7,3a	158a	105a	40
M3	43cd	3,2a	22a	8,5ab	4,7	1,2	7,9a	158a	99a	40
M4	50ab	3,3a	25a	9,1ab	4,7	1,4	7,7a	158a	100a	30
M5	51a	3,2a	25a	9,9a	5,2	1,4	7,6a	159a	100a	34
M6	39d	3,2a	24a	8,9ab	4,8	1,3	8,2a	150a	100a	40
M7	45bc	3,2a	22a	8,0bc	3,9	1,3	8,2a	146a	101a	34
Nível de probabilidade ( $P > F$ )										
Cultivares (C)	0,186	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011	0,017	0,968	0,211
Manejos (M)	<0,001	0,051	0,186	<0,001	<0,001	0,167	0,514	0,138	0,108	<0,001
Interação CxM	0,946	0,371	0,068	0,655	0,031	0,002	0,156	0,055	0,807	0,015
CV (%)	9,8	5,4	11,9	15,5	9,9	18,1	16,8	10,6	6,0	16,5

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

**Tabela 11 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para os teores de Mg, S e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
		Mg (g kg <sup>-1</sup> )	
M1	3,4aC <sup>(1)</sup>	3,2aA	3,4aC
M2	4,5aB	3,9aA	4,0aABC
M3	5,0AaB	4,9abA	4,2bABC
M4	4,6AaB	4,9aA	4,7aAB
M5	5,5aA	5,2aA	4,8aA
M6	5,0aAB	5,3aA	4,0bABC
M7	4,1aBC	3,7aA	3,9aBC
		S (g kg <sup>-1</sup> )	
M1	1,1aA	1,4aA	1,1aB
M2	1,2abA	1,0bA	1,5aAB
M3	1,0bA	1,1bA	1,6aAB
M4	1,0bA	1,2bA	2,0aA
M5	1,0cA	1,4bA	1,9aA
M6	0,9cA	1,3bA	1,8aA
M7	1,1bA	1,2bA	1,7aA
		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	
M1	30aB	30aAB	31aA
M2	52aA	32bAB	34bA
M3	42aAB	39aAB	40aA
M4	30aB	29aB	32aA
M5	34aB	35aAB	34aA
M6	37aB	42aA	40aA
M7	34aB	34aAB	33aA

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

De modo geral, em 2017, os teores de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió se apresentaram dentro da faixa de teores adequados para a cultura do feijão-comum (AMBROSANO et al., 1997), o que ocorreu principalmente devido a adequada disponibilidade desses nutrientes no solo na camada de 0,0-0,20 m de profundidade (Tabelas 3 e 12) (RAIJ et al., 2001). Teores semelhantes de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram observados durante o ano de 2016 na folha diagnose das cultivares de feijão-comum. Em estudos conduzidos por Fernandes et al. (2013) e Soratto et al. (2013b) também foram observados teores semelhantes desses nutrientes na folha diagnose de cultivares de feijão-comum. Os teores de K e S na folha diagnose de ambas as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce se apresentaram abaixo da faixa

adequada para a cultura do feijão, que é de 20 a 24 g de K kg<sup>-1</sup> e 2,0 a 3,0 g de S kg<sup>-1</sup> (AMBROSANO et al., 1997). Esses resultados podem ter ocorrido em função da disponibilidade de desses nutrientes no solo, que na camada de 0,0-0,20 m apresentou baixo teor de K e médio teor S (RAIJ et al., 2001) (Tabelas 3 e 12).

Os teores de N e Mn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foram influenciados significativamente apenas pelos manejos da adubação nitrogenada (Tabela 12). O manejo M5 proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maior teor de N na folha diagnose (35 g de N kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M2 e M6. A aplicação da maior dose de N no manejo M5 (220 kg de N ha<sup>-1</sup>) e o parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura com parte da aplicação no estágio de desenvolvimento R5 foram determinantes para a obtenção desses resultados. Aumentos nos teores de N na folha diagnose da cultura do feijão-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura foram obtidos em estudos conduzidos por Soratto et al. (2004; 2013b). Resultados semelhantes foram obtidos durante o ano de 2016 (Tabela 10). Embora não significativo, o teor de N no manejo M1 (31 g de N kg<sup>-1</sup>) foi maior do que nos manejos M2, M3 e M6. O alto teor de N mineral no solo foi determinante para obtenção desse resultado (Tabela 3). Ademais, em 2017, o menor acúmulo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foi obtida no M1, o que pode ter diminuído a diluição dos teores de N na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. Lemaire et al. (2008), ressaltaram que aumentos no acúmulo de MS das plantas podem promover uma maior diluição do N. Resultados semelhantes ocorreram no ano de 2016 (Tabela 10). Para os teores de Mn, foi possível observar que o manejo M7 proporcionou maior teor de Mn na folha diagnose (111 mg de Mn kg<sup>-1</sup>) do que o manejo M1 (Tabela 12).

Os teores de P na folha diagnose foram influenciados significativamente apenas pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 12). A cv. IPR Andorinha apresentou maior teor de P na folha diagnose (2,7 g de P kg<sup>-1</sup>) do que as cvs. IAC Imperador e IPR Curió. Resultados semelhantes foram obtidos no ano de 2016 (Tabela 11).

Para os teores de Ca, Mg, S, Cu, Fe e Zn na folha diagnose das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce foram obtidas interações significativas entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 12, 13 e 14). No manejo M1, a cv. IAC Imperador apresentou maior teor de Ca na folha diagnose (8,5 g de Ca kg<sup>-1</sup>) do que

a cv. IPR Andorinha (Tabelas 12 e 13). Nos manejos M4, M5 e M6 a cv. IAC Imperador mostrou maior teor de Ca na folha diagnose (11,5, 12,9 e 10,7 g de Ca kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Curió. Nos demais manejos da adubação nitrogenada não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de Ca na folha diagnose. Na cv. IAC Imperador, o manejo M5 resultou no maior teor de Ca na folha diagnose (12,9 g de Ca kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M2 e M3. Para a cv. IPR Andorinha, o manejo M5 ocasionou maior teor de Ca na folha diagnose (11,3 g de Ca kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1 e M6. Por fim, na cv. IPR Curió, o manejo M7 proporcionou maior teor de Ca na folha diagnose (10,1 g de Ca kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1 e M6.

Para os teores de Mg na folha diagnose, nos manejos M3 e M5, a cv. IPR Andorinha apresentou maiores teores de Mg na folha diagnose (3,7 e 4,4 g de Mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Curió (Tabelas 12 e 13). No manejo M4, a cv. IPR Andorinha demonstrou maior teor de Mg na folha diagnose (3,8 g de Mg kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IAC Imperador. No manejo M6, a cv. IAC Imperador apresentou maior teor de Mg na folha diagnose (3,5 g de Mg kg<sup>-1</sup>) do que as demais cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. Para os demais manejos da adubação nitrogenada não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de Mg na folha diagnose. De maneira geral, em todas as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, o manejo M5 resultou no maior teor de Mg na folha diagnose, enquanto que o manejo M1 resultou nos menores teores de Mg na folha diagnose. O N em conjunto com o Mg são constituintes da molécula de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997). Dessa forma, devido ao maior fornecimento de N no manejo M5, as cultivares de feijão-comum podem ter absorvido uma maior quantidade de Mg para que em conjunto com a grande quantidade de N absorvida no manejo M5 formassem uma maior quantidade de clorofila.

Para os teores de S na folha diagnose, nos manejos M2, M4, M5, M6 e M7, a cv. IPR Curió apresentou maiores teores de S na folha diagnose (1,8, 1,6, 1,7, 1,8 e 2,0 g de S kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IAC Imperador (Tabelas 12 e 13). Nos manejos M1 e M3 não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de S na folha diagnose. Nas cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de S na folha diagnose. Já na cv. IPR Curió, o manejo

M7 proporcionou maior teor de S na folha diagnose (2,0 g de S kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1 e M3.

No manejo M2, a cv. IPR Curió apresentou maior teor de Cu na folha diagnose (9,7 mg de Cu kg<sup>-1</sup>) do que as cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha (Tabelas 12 e 14). No manejo M5, a cv. IAC Imperador demonstrou maior teor de Cu na folha diagnose (8,0 mg de Cu kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IPR Andorinha. Nos demais manejos não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para os teores de Cu na folha diagnose. Nas cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de Cu na folha diagnose. Entretanto, na cv. IPR Curió, o manejo M2 proporcionou maior teor de Cu na folha diagnose (9,7 mg de Cu kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M3, M5, M6 e M7.

Para os teores de Fe na folha diagnose, nos manejos M1 e M2, a cv. IAC Imperador apresentou maiores teores de Fe na folha diagnose (149 e 162 mg de Fe kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Curió (Tabelas 12 e 14). Nos manejos M5 e M6, a cv. IAC Imperador demonstrou maiores teores de Fe na folha diagnose (172 e 165 mg de Fe kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. Já no manejo M7, a cv. IPR Curió apresentou maior teor de Fe na folha diagnose (174 mg de Fe kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IPR Andorinha. Nos manejos M3 e M4 não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de Fe na folha diagnose. Apenas na cv. IPR Curió foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de Fe na folha diagnose. Na cv. IPR Curió, o manejo M7 resultou no maior teor de Fe na folha diagnose (174 mg de Fe kg<sup>-1</sup>), enquanto que o M1 resultou no menor teor de Fe na folha diagnose.

Por fim, para os teores de Zn na folha diagnose, nos M2, M3, M4 e M5, a cv. IPR Andorinha demonstrou maiores teores de Zn na folha diagnose (25, 30, 25 e 26 mg de Zn kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IAC Imperador (Tabelas 12 e 14). Nos demais manejos não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os teores de Zn na folha diagnose. Na cv. IAC Imperador, os manejos M3 e M6 proporcionaram os maiores teores de Zn na folha diagnose (24 mg de Zn kg<sup>-1</sup>) do que o manejo M4. Na cv. IPR Andorinha, o manejo M3 resultou no maior teor de Zn na folha diagnose (30 mg de Zn kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M2, M4, M6 e M7. Na cv. IPR Curió não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para os teores de Zn na folha diagnose.

**Tabela 12 - Teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Tratamentos	(g kg <sup>-1</sup> )					(mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivares										
IAC Imperador	30a <sup>(1)</sup>	2,4b	16a	10,7	3,3	1,1	6,4	155	99a	21
IPR Andorinha	32a	2,7a	16a	9,6	3,3	1,2	5,3	132	99a	25
IPR Curió	32a	2,5b	15a	9,0	3,1	1,6	6,6	131	98a	23
Manejos do N <sup>(2)</sup>										
M1	31ab	2,4a	16a	7,6	2,3	1,0	6,2	127	79b	20
M2	28b	2,6a	15a	10,0	3,1	1,3	7,0	141	100ab	24
M3	30ab	2,5a	15a	9,9	3,5	1,3	6,2	137	103ab	26
M4	32ab	2,4a	16a	10,4	3,5	1,4	5,8	132	87ab	22
M5	35a	2,6a	16a	11,2	4,2	1,4	6,6	142	104ab	24
M6	29b	2,6a	17a	8,7	3,1	1,4	5,9	149	106ab	23
M7	33ab	2,6a	15a	10,6	3,1	1,3	5,2	146	111a	23
Nível de probabilidade ( $P > F$ )										
Cultivares (C)	0,056	<0,001	0,378	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,977	<0,001
Manejos (M)	0,003	0,195	0,067	<0,001	<0,001	0,001	0,092	0,153	0,019	<0,001
Interação CxM	0,394	0,566	0,310	0,028	0,008	<0,001	0,011	<0,001	0,446	0,032
CV (%)	12,9	7,7	13,1	10,5	7,4	18,3	23,0	15,4	24,1	10,1

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

**Tabela 13 - Desdobramento da interação entre cultivares × manejos do N para os teores de Ca, Mg e S na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Manejos de N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
		Ca (g kg <sup>-1</sup> )	
M1	8,5aC <sup>(1)</sup>	6,7bB	7,7abB
M2	10,4aBC	10,1aA	9,6aAB
M3	10,0aBC	10,2aA	9,2aAB
M4	11,5aAB	10,6abA	9,0bAB
M5	12,9aA	11,3aA	9,5bAB
M6	10,7aABC	7,8bB	7,6bB
M7	11,4aAB	10,2aA	10,1aA
		Mg (g kg <sup>-1</sup> )	
M1	2,2aC	2,4aD	2,4aD
M2	3,2aB	3,1aC	2,9aBC
M3	3,5abB	3,7aB	3,2bBC
M4	3,3bB	3,8aB	3,4abB
M5	4,2abA	4,4aA	3,9bA
M6	3,5aB	3,0bC	2,8bCD
M7	3,2aB	3,1aC	3,1aBC
		S (g kg <sup>-1</sup> )	
M1	0,9aA	1,1aA	0,9aC
M2	1,0bA	1,2bA	1,8aAB
M3	1,0aA	1,4aA	1,4aBC
M4	1,0bA	1,4abA	1,6aAB
M5	1,3bA	1,0bA	1,7aAB
M6	1,2bA	1,1bA	1,8aAB
M7	1,1bA	1,0bA	2,0aA

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.



**Tabela 14 - Desdobramento da interação entre cultivares × manejos para os teores de Cu, Fe e Zn na folha diagnose de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
		Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
M1	6,0aA <sup>(1)</sup>	6,8aA	5,6aB
M2	6,4bA	4,8bA	9,7aA
M3	6,4aA	5,6aA	6,4aB
M4	5,6aA	4,8aA	6,8aAB
M5	8,0aA	5,2bA	6,4abB
M6	6,8aA	5,2aA	5,6aB
M7	5,6aA	4,4aA	5,6aB
		Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	
M1	149aA	136aA	96bC
M2	162aA	140abA	121bBC
M3	151aA	143aA	117aBC
M4	137aA	138aA	120aBC
M5	172aA	126bA	128bABC
M6	165aA	125bA	158abAB
M7	149abA	115bA	174aA
		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	
M1	19AaB	19aC	21aA
M2	21AbB	25aB	24abA
M3	24bA	30aA	24bA
M4	18bB	25aB	23aA
M5	22bAB	26aAB	23abA
M6	24aA	24aBC	23aA
M7	22aAB	25aB	23aA

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

### 5.2.2 Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio

Em 2016, o acúmulo de MS na parte aérea foi influenciado significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada (Tabela 15). A cv. IPR Andorinha apresentou maior acúmulo de MS na parte aérea (4.127 kg de MS ha<sup>-1</sup>) do que as cvs. IAC Imperador e IPR Curió. A aplicação de N em cobertura aumentou o acúmulo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum, independentemente dos manejos da adubação nitrogenada de cobertura. O manejo M5 (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maior acúmulo de MS na parte aérea do que os manejos M1 (sem

aplicação de N em cobertura), M2 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3) e M3 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4). Resultados semelhantes foram observados para o teor de N na folha diagnose (Tabela 10). Esse aumento no acúmulo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce pode ser atribuído às funções que o N desempenha para as plantas, como constituinte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e da enzima Rubisco (TAIZ; ZEIGER, 2009). Aumentos acúmulo de MS na parte aérea de cultivares de feijão-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura foram relatados em estudos conduzidos por Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004, 2005; 2014).

**Tabela 15 - Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de N na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Tratamentos	Acúmulo de MS na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de N na parte aérea em R8 (g kg <sup>-1</sup> )	Acúmulo de N na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )
Cultivares			
IAC Imperador	2.687c <sup>(1)</sup>	22a	59
IPR Andorinha	4.127a	20b	82
IPR Curió	3.659b	19b	71
Manejos do N <sup>(2)</sup>			
M1	2.781c	21a	57
M2	3.329b	21a	68
M3	3.304b	20a	65
M4	3.683ab	20a	75
M5	4.063a	21a	86
M6	3.594ab	20a	71
M7	3.681ab	20a	74
Nível de probabilidade ( $P > F$ )			
Cultivares (C)	<0,001	<0,001	<0,001
Manejos (M)	<0,001	0,174	<0,001
Interação CxM	0,526	0,274	0,011
CV (%)	11,8	7,0	9,2

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

Os teores de N na parte aérea foram influenciados apenas pelas cultivares de feijão-comum e ciclo precoce, de modo que o maior teor de N na parte aérea foi obtido no cv. Imperador (22 g de N kg<sup>-1</sup>) (Tabela 15). Esse resultado pode ter ocorrido em função do menor acúmulo de MS na parte aérea da cv. IAC Imperador, que promoveu uma menor diluição do teor de N na parte aérea. De acordo com

Lemaire et al. (2008), aumentos no acúmulo de MS podem diminuir o teor de N nas plantas em função da diluição desse nutriente. Dessa forma, com um menor desenvolvimento vegetativo das plantas pode ocorrer uma menor diluição dos teores de N nos tecidos foliares e, por conseguinte, resultar em aumentos nos teores de N nas plantas.

**Tabela 16 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
	Acúmulo de N na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )		
M1	44cD <sup>(1)</sup>	72aB	55bC
M2	51bCD	79aAB	74aAB
M3	53bCD	78aAB	63bBC
M4	58cBCD	89aAB	77bAB
M5	76bA	97aA	85bA
M6	69abAB	79aAB	66bBC
M7	63bABC	81aAB	77aAB

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

O acúmulo de N na parte aérea em R8 foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada, com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 15 e 16). Nos manejos M1, M2, M3, M4, M5 e M7, a cv. IPR Andorinha apresentou maiores acúmulos de N na parte aérea em R8 do que a cv. IAC Imperador. O maior acúmulo de N na parte aérea em R8 pela cv. IPR Andorinha pode ter ocorrido principalmente em função do seu maior acúmulo de MS na parte aérea. O manejo M5 resultou nos maiores acúmulos de N na parte aérea das cvs. IAC Imperador (75 kg de N ha<sup>-1</sup>), IPR Andorinha (97 kg de N ha<sup>-1</sup>) e IPR Curió (85 kg de N ha<sup>-1</sup>). Esses aumentos podem ser atribuídos principalmente aos maiores acúmulos de MS na parte aérea dessas cultivares obtidas com o M5. Kotz-Gurgacz et al. (2018), também observaram aumentos no acúmulo de N na parte aérea da cultura do feijão-comum em resposta a aplicação do N em cobertura. Os aumentos no acúmulo de N na parte aérea em função da adubação nitrogenada podem ocorrer

devido ao aumento no teor de N na planta e/ou acúmulo de MS. Em nosso experimento, os aumentos nos acúmulos de N na parte aérea das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce ocorreram principalmente devido aos aumentos no acúmulo de MS. Entretanto, no estudo conduzido por Kotz-Gurgacz et al. (2018), os aumentos nos acúmulos de N na parte aérea foram obtidos maiormente em decorrência dos incrementos nos teores de N.

No ano de 2017, o acúmulo de MS na parte aérea foi influenciado significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada, com interação significativa entre cultivares  $\times$  manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 17 e 18). No manejo M1, a cv. IPR Andorinha apresentou maior acúmulo de MS na parte aérea em R8 (2.368 kg de MS ha<sup>-1</sup>) do que a cv. IAC Imperador. No manejo M2 e M5, a cv. IPR Curió demonstrou maior acúmulo de MS na parte aérea em R8 (3.577 e 4.914 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. No manejo M4, a cv. IAC Imperador mostrou maior acúmulo de MS na parte aérea em R8 (3.577 kg de MS ha<sup>-1</sup>) do que as demais cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. No manejo M7, as cvs. IAC Imperador e IPR Curió apresentaram maior acúmulo de MS na parte aérea em R8 (3.653 e 4.050 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. Já nos manejos M3 e M6, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para o acúmulo de MS na parte aérea em R8.

Para a cv. IAC Imperador, os manejos M4, M5 e M7 proporcionaram maiores acúmulos de MS na parte aérea em R8 (3.577, 3.667 e 3.653 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que os manejos M1, M3 e M6. Ainda nessa cultivar, foi possível observar que a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de MS na parte aérea em R8, independentemente dos manejos. Nas cvs. IPR Andorinha e IPR Curió, o manejo M5 (3.621 e 4.914 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente) resultou no maior acúmulo de MS na parte aérea em R8. Os maiores resultados obtidos para o acúmulo de MS na parte aérea das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce no manejo M5 ocorreram principalmente em função da maior dose de N fornecida para as cultivares de feijão através desse manejo (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5). O N atua nas plantas como constituinte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, clorofila e da enzima Rubisco (TAIZ; ZEIGER, 2009). Dessa forma, plantas bem nutridas com N apresentam maior desenvolvimento vegetativo. Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004, 2005;

2014), obtiveram aumentos no acúmulo de MS na parte aérea de cultivares de feijão-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.

**Tabela 17 - Acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Tratamentos	Acúmulo de MS na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de N na parte aérea em R8 (g kg <sup>-1</sup> )	Acúmulo de N na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )
Cultivares			
IAC Imperador	3.045 <sup>(1)</sup>	17	51
IPR Andorinha	2.744	17	47
IPR Curió	3.280	16	53
Manejos do N <sup>(2)</sup>			
M1	2.124	15	33
M2	3.175	16	51
M3	2.604	16	42
M4	2.803	17	47
M5	4.067	18	71
M6	2.874	17	49
M7	3.516	16	57
Nível de probabilidade ( $P > F$ )			
Cultivares (C)	<0,001	0,552	<0,001
Manejos (M)	<0,001	0,004	<0,001
Interação C×M	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	10,7	8,7	11,0

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

Os teores de N na aérea em R8 foram influenciados significativamente pelos manejos da adubação nitrogenada, com interação significativa entre cultivares × manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 17 e 18). No manejo M4, a cv. IPR Curió apresentou maior teor de N parte aérea em R8 (19 g de N kg<sup>-1</sup>) do que a cv. IPR Andorinha. Embora não significativo, no manejo M4, a cv. IPR Curió apresentou menor acúmulo de MS na parte aérea em R8 do que a cv. IPR Andorinha. Dessa forma, pode ter ocorrido uma menor diluição do teor de N na parte aérea da cv. IPR Curió que resultou em um maior teor de N na sua parte aérea. Nos manejos M5 e M7, as cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha apresentaram maiores teores de N na parte aérea em R8 do que a cv. IPR Curió. Nos manejos M1, M2, M3 e M6, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para o acúmulo de MS na parte aérea em R8.

Nas cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha, o manejo M5 resultou em maiores teores de N na parte aérea (19 e 19 g de N kg<sup>-1</sup>, respectivamente) do que o manejo M1. A maior quantidade de N aplicado no manejo M5 (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) e as épocas de aplicação do N nesse manejo, principalmente a aplicação que foi realizada no estágio R5, foram determinantes para obtenção desses resultados. Já na cv. IPR Curió, o manejo M4 proporcionou um maior teor de N na parte aérea (19 e 19 g de N kg<sup>-1</sup>) do que os manejos M5 e M7. Esses resultados provavelmente ocorreram devido ao menor acúmulo de MS obtido com o manejo M4, que promoveu uma menor diluição do teor de N na parte aérea e, por conseguinte, aumentou o teor desse nutriente na parte aérea da cv. IPR Curió.

O acúmulo de N na parte aérea em R8 foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada, com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 17 e 18). No manejo M1, as cvs. IPR Andorinha e IPR Curió apresentaram maiores acúmulos de N na parte aérea em R8 (37 e 35 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IAC Imperador, o que ocorreu devido aos maiores acúmulos de MS e teores de N na parte aérea das cvs. IPR Andorinha e IPR Curió nesse mesmo manejo. Nos manejos M2 e M3, a cv. IPR Curió demonstrou maior acúmulo de N na parte aérea em R8 (58 e 47 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. Esses resultados foram obtidos principalmente devido aos manejos M2 e M3 terem proporcionado maiores acúmulos de MS na parte da cv. IPR Curió. No manejo M4, a cv. IAC Imperador apresentou maior acúmulo de N na parte aérea (58 kg de N ha<sup>-1</sup>) do que as cvs. IPR Andorinha e IPR Curió, o que pode ter ocorrido principalmente em função do seu maior acúmulo de MS na parte aérea. Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004, 2005; 2014), também observaram aumentos na extração de N na parte aérea da cultura do feijão-comum devido ao aumento no acúmulo de MS. No manejo M7, os maiores acúmulos de N foram obtidos nas cvs. IPR Andorinha e IPR Curió (65 e 58 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) devido principalmente aos maiores acúmulos de MS apresentados por essas cultivares. Nos manejos M5 e M6, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para o acúmulo de N na parte aérea em R8.

**Tabela 18 - Desdobramento da interação entre cultivares × manejos do N para o acúmulo de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea no estágio de enchimento dos grãos (R8) de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
	Acúmulo de MS na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )		
M1	1.795bC <sup>(1)</sup>	2.368aB	2.209abE
M2	3.246abAB	2.701bB	3.577aBC
M3	2.638aB	2.373aB	2.799aDE
M4	3.577aA	2.581bB	2.251bE
M5	3.667bA	3.621bA	4.914aA
M6	2.742aB	2.718aB	3.162aCD
M7	3.653aA	2.845bB	4.050aB
	Teor de N na parte aérea em R8 (g kg <sup>-1</sup> )		
M1	14aC	15aB	16aAB
M2	15aBC	17aAB	16aAB
M3	16aABC	15aB	17aAB
M4	16abABC	16bAB	19aA
M5	19aA	19aA	15bB
M6	17aABC	18aAB	17aAB
M7	18aAB	17aAB	14bB
	Acúmulo de N na parte aérea em R8 (kg ha <sup>-1</sup> )		
M1	26bD	37aB	35aC
M2	50abBC	45bB	58aB
M3	42abC	37bB	47aBC
M4	58aAB	42bB	42bC
M5	69aA	69aA	76aA
M6	46aBC	48aB	54aB
M7	65aA	48bB	58aB

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

Na cv. IAC Imperador, os manejos M5 e M7 proporcionaram maiores acúmulos de N na parte aérea (69 e 65 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que os manejos M1, M2, M3 e M6. Esses resultados foram obtidos maiormente em decorrência de os manejos M5 e M7 terem proporcionado os maiores acúmulos de MS na parte aérea da cv. IAC Imperador. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos conduzidos por Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004, 2005; 2014), os quais também observaram incrementos no acúmulo de N na parte aérea da cultura do feijão-comum devido ao aumento no acúmulo de MS. Nas cv. IPR Andorinha, o manejo M5 resultou no maior acúmulo de N na parte aérea (69 kg de N ha<sup>-1</sup>) do que todos os demais manejos da adubação nitrogenada, o que ocorreu devido ao

manejo M5 ter proporcionado o maior acúmulo de MS e teor de N na parte aérea da cv. IPR Andorinha. Na cv. IPR Curió, o manejo M5 proporcionou o maior acúmulo de N na parte aérea ( $76 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) do que todos os demais manejos da adubação nitrogenada. O maior acúmulo de MS na parte aérea da cv. IPR Curió obtido com o manejo M5 foi determinante para obtenção desse resultado e se assemelha aos resultados obtidos nos estudos conduzidos por Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004, 2005; 2014).

### 5.2.3 Componentes de produção e produtividade de grãos

Em 2016, a população de plantas foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 19 e 20). Nos manejos M2 ( $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em V3) e M6 (tratamento manejado conforme o ISN (clorofilômetro)), a cv. IPR Curió apresentou maior população de plantas (234.722 e 238.889 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente) do que a cv. IAC Imperador. Nos manejos M3 ( $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em V4) e M7 (aplicação de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no dia da semeadura), a cv. IPR Andorinha mostrou maior população de plantas (238.889 e 240.278 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente) do que a cv. IAC Imperador. Já nos manejos M1 (sem aplicação de N em cobertura), M4 ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em V3 +  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em R5) e M5 ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura +  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em V3 +  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em R5) não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a população de plantas. Na cv. IAC Imperador, o manejo M1 (231.944 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) resultou em uma maior população de plantas do que o manejo M3. Nas demais cultivares de feijão-comum de ciclo precoce não foram obtidas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para a população de plantas.

O número de vagens por planta foi influenciado significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 19 e 20). No manejo M3, a cv. IPR Curió apresentou maior número de vagens por planta (13,7 vagens  $\text{planta}^{-1}$ ) do que as demais cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. Nos demais manejos da adubação nitrogenada não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para o número de vagens por planta. De



maneira geral, em todas as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce o manejo M5 proporcionou maior número de vagens por planta do que o manejo M1. O maior fornecimento de N para as plantas no manejo M5 foi determinante para obtenção desses resultados, pois proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maior acúmulo de MS na parte aérea, ou seja, formação de biomassa e, em função disso, aumentou a emissão de vagens por planta (Tabelas 15, 19 e 20).

**Tabela 19 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Tratamentos	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Número de vagens planta <sup>-1</sup>	Número de grãos vagem <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Cultivares					
IAC Imperador	203.571 <sup>(1)</sup>	12,3	3,9b	23,0b	2.234c
IPR Andorinha	218.849	12,5	4,2a	30,1a	3.481a
IPR Curió	221.825	12,7	3,8b	29,3a	3.097b
Manejos do N <sup>(2)</sup>					
M1	219.444	11,2	3,7b	27,3a	2.486c
M2	216.204	12,8	3,9ab	27,2a	3.000ab
M3	212.963	12,2	3,9ab	28,0a	2.829bc
M4	206.481	12,1	4,2a	27,0a	2.807bc
M5	212.963	14,3	4,1ab	28,0a	3.460a
M6	216.667	12,2	3,9ab	27,6a	2.834bc
M7	218.518	12,7	4,1ab	27,3a	3.148ab
Nível de probabilidade ( $P > F$ )					
Cultivares (C)	<0,001	0,202	<0,001	<0,001	<0,001
Manejos (M)	0,621	<0,001	0,020	0,426	<0,001
Interação C×M	0,002	0,039	0,312	0,912	0,266
CV (%)	8,2	7,9	8,7	4,9	13,1

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

O número de grãos por vagem foi influenciado significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada (Tabela 19). A cv. IPR Andorinha apresentou maior número de grãos por vagem (4,2 grãos vagem<sup>-1</sup>) do que as cvs. IAC Imperador e IPR Curió, o que pode ter ocorrido devido as características de cada cultivar. O manejo M4 proporcionou maior número de grãos por vagem (4,1 grãos vagem<sup>-1</sup>) nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce do que o manejo M1. Embora tenha ocorrido essa diferença significativa

entre os manejos da adubação nitrogenada M1 e M4, é importante ressaltar que o número de vagens por planta apresentou uma baixa variabilidade entre os manejos da adubação nitrogenada. A baixa variabilidade no número de grãos por vagem da cultura do feijão-comum ocorre devido a esse componente de produção apresentar alta herdabilidade genética (ANDRADE et al., 1998).

A massa de 100 grãos foi influenciada significativamente apenas pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 19). As maiores massas de 100 grãos foram obtidas com as cvs. IPR Andorinha (30,1 g) e IPR Curió (29,3 g), enquanto que a menor ocorreu com a cv. IAC Imperador (23,0 g). Essas diferenças entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a massa de 100 grãos provavelmente ocorreu devido as características de cada cultivar. De maneira geral, o mercado consumidor de grãos de feijão do tipo carioca possui uma maior aceitabilidade por cultivares de feijão-comum que apresentam grãos maiores (CARBONELL et al., 2010).

**Tabela 20 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para a população de plantas e número de vagens por planta de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )		
M1	231.944aA <sup>(1)</sup>	208.333aA	218.0554aA
M2	198.611bAB	215.278abA	234.722aA
M3	193.055bB	238.889aA	206.944bA
M4	197.222aAB	202.778aA	219.444aA
M5	212.500aAB	209.722aA	216.667aA
M6	194.444bAB	216.667abA	238.889aA
M7	197.222bAB	240.278aA	218.055abA
	Número de vagens planta <sup>-1</sup>		
M1	10,7aB	11,5aBC	11,2aC
M2	12,7aAB	13,4aAB	12,4aABC
M3	11,7bB	11,1bC	13,7aAB
M4	11,9aB	11,7aBC	12,6aABC
M5	14,7aA	14,3aA	14,0aA
M6	12,2aB	12,6aABC	11,8aBC
M7	12,0aB	12,6aABC	13,5aAB

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

A produtividade de grãos foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada (Tabela 19). A cv. IPR Andorinha apresentou a maior produtividade ( $3.481 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que a cv. IAC Imperador. Esses resultados podem ser atribuídos principalmente à população de plantas, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, que foram maiores na cv. IPR Andorinha. Em todas as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, o manejo M5 proporcionou maior produtividade de grãos ( $3.460 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que os manejos M1, M3, M4 e M6. A maior quantidade de N aplicado no M5 ( $220 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) em relação aos demais manejos da adubação nitrogenada de cobertura foi determinante para obtenção desse resultado, pois proporcionou as cultivares de feijão-comum e ciclo precoce os maiores teores de N na folha diagnose, acúmulo de MS e acúmulo de N na parte aérea em R8, número de vagens por planta e massa de 100 grãos (Tabelas 10,15, 16 e 19). O N quando absorvido pelas plantas desempenha funções que estão relacionadas principalmente ao desenvolvimento vegetativo e produção de fotoassimilados das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Na cultura do feijão aumentos na produtividade de grãos em função da adubação nitrogenada de cobertura foram relatados em estudos conduzidos por Amaral et al. (2016), Kotz-Gurgacz et al. (2018) e Soratto et al. (2004; 2005; 2013b; 2014).

Além da quantidade de N aplicada, as épocas de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura influenciaram na produtividade de grãos. Os manejos M2 e M7 proporcionaram produtividades de grãos semelhantes à obtida no M5, que foram respectivamente de  $3.000$ ,  $3.148$  e  $3.460 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esses resultados podem ser atribuídos principalmente ao número de vagens por planta obtidos nos manejos M2 e M7, que foram os que mais se aproximaram do número de vagens por planta obtido com o manejo M5. As respostas da produtividade de grãos de feijão aos manejos da adubação com N são muito variáveis. Essas variações ocorrem principalmente devido a complexa dinâmica do N sistema solo-planta-atmosfera, pois envolve processos como a nitrificação, a lixiviação, a desnitrificação e a volatilização da amônia, que influenciam diretamente na disponibilidade de N para as plantas (CANTARELLA et al., 2007). Binotti et al (2007) não observaram aumentos significativos na produtividade de grãos de feijão-comum em função das épocas de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura. De acordo com os autores, as épocas de aplicação de N não influenciaram na produtividade de grãos de feijão devido as perdas de N, principalmente por volatilização, terem sido

minimizadas com o fornecimento constante de água através da irrigação por aspersão.

Em 2017, a população de plantas foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum, com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 21 e 22). No manejo M1, a cv. IPR Andorinha apresentou maior população de plantas (276.389 plantas ha<sup>-1</sup>) do que a cv. IAC Imperador. Nos manejos M2, M5 e M7, a cv. IPR Curió demonstrou maiores populações de plantas (275.000, 300.000 e 297.000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. Nos manejos M4 e M6, a cv. IAC Imperador (290.278 e 276.389 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente) mostrou maiores populações de plantas do que a cv. IPR Andorinha. Já no manejo M3, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a população de plantas.

**Tabela 21 - População de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Tratamentos	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Número de vagens planta <sup>-1</sup>	Número de grãos vagem <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Cultivares					
IAC Imperador	263.294 <sup>(1)</sup>	10,8a	3,7	24,3c	2.517
IPR Andorinha	240.476	9,9b	3,7	30,2a	2.611
IPR Curió	276.190	9,9b	3,6	26,3b	2.556
Manejos do N <sup>(2)</sup>					
M1	261.574	9,1b	3,5	26,5a	2.190
M2	256.944	10,1ab	3,8	26,8a	2.594
M3	250.926	10,3ab	3,7	27,8a	2.651
M4	258.796	10,4a	3,8	26,0a	2.594
M5	268.055	10,7a	3,6	27,1a	2.724
M6	258.333	10,1ab	3,5	27,3a	2.469
M7	265.278	10,7a	3,6	27,2a	2.704
Nível de probabilidade ( $P > F$ )					
Cultivares (C)	<0,001	0,002	0,086	<0,001	0,301
Manejos (M)	0,098	0,008	0,006	0,083	<0,001
Interação CxM	<0,001	0,246	0,001	0,063	0,002
CV (%)	5,4	10,3	6,2	5,4	12,8

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

Na cv. IAC Imperador, o manejo M4 resultou em uma maior população de plantas (290.278 plantas ha<sup>-1</sup>) do que os manejos M1, M3 e M5. Na cv. IPR Curió, o manejo M1 proporcionou maior população de plantas (276.389 plantas ha<sup>-1</sup>) do que os manejos M2, M3, M4, M6 e M7. Por fim, na cv. IPR Curió, o manejo M5 resultou em uma maior população de plantas (300.000 plantas ha<sup>-1</sup>) do que os manejos M3, M4 e M6. Em 2016, também foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, com interação significativa entre cultivares × manejos da adubação nitrogenada para a população de plantas (Tabelas 19 e 20). Esses resultados demonstram que a população de plantas das cultivares de feijão-comum de ciclo precoce podem variar em função do manejo da adubação nitrogenada, ou seja, para cada cultivar existe um manejo de adubação nitrogenada mais adequado.

O número de vagens por planta foi influenciado significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada (Tabela 21). A cv. IAC Imperador apresentou maior número de vagens por planta (10,8 vagens planta<sup>-1</sup>) do que as cvs. IPR Andorinha e IPR Curió.

Em relação aos manejos da adubação nitrogenada, foi possível observar que os manejos M4, M5 e M7 proporcionaram as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maiores números de vagens por planta (10,4, 10,7 e 10,7 vagens planta<sup>-1</sup>, respectivamente) do que o manejo M1. Especificamente nos manejos M4 e M5, o maior número de vagens por plantas pode ser atribuído as épocas de aplicação do N, pois parte do N foi aplicado no estágio de desenvolvimento de pré-florescimento (R5). Nesse estágio a cultura do feijão-comum está definindo principalmente o número de vagens por planta. Além disso, no manejo M5, o maior número de vagens por planta pode ser atribuído ao maior fornecimento de N realizado através desse manejo. No manejo M7, como o fornecimento de N foi realizado antecipadamente, o desenvolvimento vegetativo inicial da cultura da cultura do feijão pode ter sido mais intenso, de forma que a planta produziu maior quantidade de ramificações, gemas axilares (vegetativas e reprodutivas) e, conseqüentemente, maior número de vagens por planta. Além disso, é importante ressaltar que as cultivares de feijão foram semeadas em sucessão a cultura do milho. A palhada de milho apresenta uma alta relação C/N (AMARAL et al., 2016) e em função disso pode imobilizar parte do N exigido pela cultura do feijão durante os seus estágios de desenvolvimento. Dessa forma, em sistemas de produção que as cultivares de

feijão-comum de ciclo precoce forem cultivadas em sucessão ao milho, o fornecimento de N durante as fases iniciais de desenvolvimento da cultura do feijão-comum é extremamente importante, uma vez que pode aumentar a emissão de ramificações, a emissão de gemas axilares (vegetativas e reprodutivas) e, por conseguinte, a produção de vagens por planta.

**Tabela 22 - Desdobramento da interação entre cultivares x manejos do N para a população de plantas, número de vagens por planta e produtividade de grãos de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
	População de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )		
M1	237.500bC <sup>(1)</sup>	276.389aA	270.833aAB
M2	272.222aAB	223.611bB	275.000aAB
M3	245.833aBC	241.667aB	265.278aB
M4	290.278aA	236.611cB	262.500bB
M5	258.333bBC	245.833bAB	300.000aA
M6	276.389aAB	236.611bB	262.500aB
M7	262.500bABC	236.111cB	297.222aA
	Número de grãos vagem <sup>-1</sup>		
M1	3,8aA	3,4bB	3,4bBC
M2	3,8aA	3,9aAB	3,8aAB
M3	3,7aA	3,6aAB	3,8aAB
M4	3,5bA	4,0aA	3,9aA
M5	3,7aA	3,6aAB	3,4aBC
M6	3,6aA	3,6aAB	3,4aBC
M7	3,8aA	3,7aAB	3,2bC
	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )		
M1	2.072aB	2.351aA	2.147aD
M2	2.662abA	2.779aA	2.341bBCD
M3	2.509aAB	2.580aA	2.865aA
M4	2.424aAB	2.562aA	2.795aAB
M5	2.653aA	2.591aA	2.929aA
M6	2.622aA	2.616aA	2.169bCD
M7	2.675aA	2.795aA	2.643aABC

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

A massa de 100 grãos foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 21). Em ordem decrescente as maiores massas de 100 grãos foram obtidas com as cvs. IPR Andorinha (30,2 g), IPR Curió (26,3 g) e IAC (24,3 g) Imperador. Em 2016, embora não tenham sido observadas

diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a massa de 100 grãos, os resultados obtidos foram semelhantes aos de 2017 (Tabela 19).

A produtividade de grãos foi influenciada pelos manejos da adubação nitrogenada, com interação significativa entre cultivares  $\times$  manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 21 e 22). No manejo M2, a cv. IPR Andorinha apresentou maior produtividade de grãos ( $2.779 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que a cv. IPR Curió. Esse resultado ocorreu principalmente em função de a cv. IPR Andorinha ter apresentado maior número de grãos por vagem e massa de 100 grãos do que a cv. IPR Curió. No manejo M6, as cvs. IAC Imperador e IPR Andorinha apresentaram maiores produtividades de grãos ( $2.622$  e  $2.616 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente) do que a cv. IPR Curió. Especificamente para a cv. IAC Imperador, esse resultado pode ser atribuído ao maior número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Já a cv. IPR Andorinha apresentou maior produtividade de grãos do que a cv. IPR Curió devido ao maior número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. Nos manejos M1, M3, M4, M5 e M7 não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a produtividade de grãos.

Na cv. IAC Imperador, os manejos M2, M5, M6 e M7 apresentaram maiores produtividades de grãos ( $2.662$ ,  $2.653$ ,  $2.622$  e  $2.675 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente) do que o manejo M1. Na cv. IPR Andorinha, não foram obtidas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para a produtividade de grãos. Na cv. IPR Curió, os manejos M3 e M5 mostraram maiores produtividades de grãos ( $2.865$  e  $2.929 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente) do que os manejos M1, M2 e M6.

#### **5.2.4 Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio aplicado em cobertura**

Em 2016, a produtividade de proteína bruta nos grãos foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e manejos da adubação nitrogenada (Tabela 23). A cv. IPR Andorinha apresentou maior produtividade de proteína bruta ( $704 \text{ kg ha}^{-1}$ ) do que as demais cultivares de feijão-comum de ciclo precoce. Esses resultados podem ser atribuídos a produtividade de grãos e ao teor de proteína bruta nos grãos obtidos nessas cultivares, que foram maiores na cv. IPR Andorinha. O manejo M5 ( $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$  na semeadura +  $90 \text{ kg}$

ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) resultou em uma maior produtividade de proteína bruta nos grãos (708 kg ha<sup>-1</sup>) do que os manejos M1 (sem aplicação de N em cobertura), M2 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3), M3 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4), M4 (45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5) e M6 (tratamento manejado conforme o ISN (clorofilômetro)). O maior teor de proteína bruta nos grãos e produtividade de grãos obtidos no manejo M5 foram determinantes para obtenção desses resultados. Aumentos na produtividade de proteína bruta nos grãos de feijão-comum (ciclo normal) em função da adubação nitrogenada de cobertura foram obtidos em estudo conduzido por Soratto et al. (2011a).

**Tabela 23 - Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2016**

Tratamentos	Teor de proteína bruta nos grãos (g kg <sup>-1</sup> )	Produtividade de proteína bruta (kg ha <sup>-1</sup> )	Eficiência de utilização do N (kg grãos kg N <sup>-1</sup> )
<b>Cultivares</b>			
IAC Imperador	224a <sup>(1)</sup>	437c	2,4b
IPR Andorinha	233a	704a	7,8a
IPR Curió	228a	615b	6,6a
<b>Manejos do N<sup>(2)</sup></b>			
M1	230a	500c	-
M2	223a	585bc	6,0a
M3	238a	588bc	4,1a
M4	222a	543bc	3,9a
M5	236a	709a	5,5a
M6	221a	549bc	6,3a
M7	227a	624ab	7,7a
Nível de probabilidade ( <i>P</i> > <i>F</i> )			
Cultivares (C)	0,063	<0,001	<0,001
Manejos (M)	0,054	<0,001	0,312
Interação CxM	0,648	0,416	0,536
CV (%)	6,2	14,7	19,1

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

Ademais é importante ressaltar que além da quantidade de N aplicada, as épocas de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura também influenciaram na produtividade de proteína bruta. O manejo M7 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura), proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce produtividade de proteína bruta nos grãos semelhante a obtida no M5, que foram de



623 e 708 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses resultados foram obtidos principalmente devido as semelhantes produtividades de grãos das cultivares de feijão obtidas com os manejos M5 e M7 (Tabela 19 e 21).

A eficiência de utilização do N aplicado foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 23). A maiores eficiências de utilização do N aplicado foram obtidas nas cvs. IPR Andorinha (7,8 kg grãos kg N<sup>-1</sup>) e IPR Curió (6,6 kg grãos kg N<sup>-1</sup>). Já a menor eficiência de utilização do N aplicado ocorreu na cv. IAC Imperador (2,4 kg grãos kg N<sup>-1</sup>). Esses resultados podem ser atribuídos principalmente a produtividade de grãos dessas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce, pois as maiores eficiências de utilização do N aplicado foram obtidas nas cultivares IPR Andorinha e IPR Curió, as quais também apresentaram as maiores produtividades de grãos (Tabelas 19 e 23). Embora não significativo, o manejo M7 proporcionou as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce a maior eficiência de utilização de N (7,7 kg grãos kg N<sup>-1</sup>) (Tabela 23).

Em 2017, a produtividade de proteína bruta nos grãos foi influenciada significativamente pelos manejos da adubação nitrogenada (Tabela 24). Os manejos M5 e M7 proporcionaram as maiores produtividades de proteína bruta nos grãos (419 e 419 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) do que o manejo M1. Esses resultados ocorreram principalmente devido aos manejos M5 e M7 terem proporcionado as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce maiores produtividades de grãos e teores de proteína bruta nos grãos do que o manejo M1 (Tabela 21). Resultados semelhantes foram obtidos no ano de 2016 (Tabelas 24 e 25). Soratto et al. (2011a), também obtiveram aumentos na produtividade de proteína bruta nos grãos de feijão-comum em função da adubação nitrogenada de cobertura.

A eficiência de utilização do N aplicado foi influenciada significativamente pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce (Tabela 24), com interação significativa entre cultivares x manejos da adubação nitrogenada. Nos manejos M2 e M6, a cv. IAC Imperador apresentou maior eficiência de utilização do N aplicado (6,5 e 9,2 kg grãos kg N<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Curió. Nos manejos M3 e M4, a cv. IPR Curió demonstrou maior eficiência de utilização do N aplicado (8,0 e 7,2 kg grãos kg N<sup>-1</sup>, respectivamente) do que a cv. IPR Andorinha. Já nos manejos M5 e M7, não foram obtidas diferenças significativas entre as cultivares de feijão-comum de ciclo precoce para a eficiência de utilização do N aplicado.

Na cv. IAC Imperador, o manejo M6 resultou em uma maior eficiência do N aplicado (9,2 kg grãos kg N<sup>-1</sup>) do que o manejo M2. Na cv. IPR Andorinha não foram observadas diferenças significativas entre os manejos da adubação nitrogenada para a eficiência de utilização do N aplicado. Na cv. IPR Curio, os manejos M3 e M4 proporcionaram maior eficiência do N aplicado (8,0 e 7,2 kg grãos kg N<sup>-1</sup>, respectivamente) do que os manejos M2, M5 e M6.

**Tabela 24 - Teor de proteína bruta nos grãos, produtividade de proteína bruta e eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Tratamentos	Teor de proteína bruta nos grãos (g kg <sup>-1</sup> )	Produtividade de proteína bruta (kg ha <sup>-1</sup> )	Eficiência de utilização do N (kg grãos kg N <sup>-1</sup> )
Cultivares			
IAC Imperador	165a <sup>(1)</sup>	363a	5,7
IPR Andorinha	175a	396a	3,4
IPR Curio	169a	377a	4,6
Manejos do N <sup>(2)</sup>			
M1	173a	332b	-
M2	167a	378ab	4,5
M3	161a	372ab	5,1
M4	163a	369ab	4,5
M5	177a	419a	3,0
M6	170a	364ab	4,6
M7	178a	419a	5,7
Nível de probabilidade ( $P > F$ )			
Cultivares (C)	0,059	0,072	0,003
Manejos (M)	0,421	0,001	0,102
Interação C×M	0,779	0,090	<0,001
CV (%)	8,3	13,9	29,7

<sup>(1)</sup>Valores nas colunas, dentro de cada fator (cultivares e manejos), seguidos pelas mesmas letras não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

**Tabela 25 - Desdobramento da interação entre cultivares × manejos do N para a eficiência de utilização do nitrogênio de cultivares de feijão-comum em função dos manejos da adubação nitrogenada. Ano de 2017**

Manejos do N <sup>(2)</sup>	Cultivares		
	IAC Imperador	IPR Andorinha	IPR Curió
	Eficiência de utilização do N (kg grãos kg N <sup>-1</sup> )		
M1	-	-	-
M2	6,5aAB	4,7abA	2,1bBC
M3	4,5abAB	2,5bA	8,0aA
M4	3,9abB	2,3bA	7,2aA
M5	3,2aB	1,3aA	4,3aABC
M6	9,2aA	4,4bA	0,3cC
M7	6,7aAB	4,9aA	5,5aAB

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N e ser utilizado como referência para o M6; M6: tratamento que recebeu aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) somente quando as leituras com o clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Experimento I

O acúmulo de MS e de N na parte aérea de todas as cultivares de feijão-comum foi pouco incrementado até aos 14 DAE (primeira folha trifoliolada). A partir de os 14 DAE, todas as cultivares de feijão-comum intensificaram os aumentos no acúmulo de MS e N na parte aérea até o período em que foram obtidos os valores máximos dessas variáveis.

Em 2016, o máximo acúmulo de MS total na parte aérea das cvs. Pérola (4.933 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e IAC Imperador (3.538 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 67 DAE (enchimento das vagens e maturação), ao passo que nas cvs. IPR Andorinha (4.507 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e IPR Curió (4.596 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 62 DAE (enchimento das vagens). O acúmulo máximo de N na parte aérea das cvs. Pérola (116 kg ha<sup>-1</sup> de N) e IAC Imperador (85 kg ha<sup>-1</sup> de N) ocorreu aos 59 DAE (enchimento das vagens), enquanto que nas cvs. IPR Andorinha (107 kg ha<sup>-1</sup> de N) e IPR Curió (103 kg ha<sup>-1</sup> de N) foi obtido aos 55 DAE (enchimento das vagens).

Em 2017, o acúmulo máximo de MS total na parte da cv. Pérola (5.122 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu aos 77 DAE (maturação), enquanto que nas cvs. IAC Imperador (4.240 kg ha<sup>-1</sup> de MS), IPR Andorinha (4.456 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e IPR Curio (4.127 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreram aos 68 DAE (maturação). O acúmulo máximo de N na parte da cv. Pérola (91 kg ha<sup>-1</sup> de N) ocorreu aos 64 DAE (enchimento das vagens), ao passo que nas cvs. IAC Imperador (87 kg ha<sup>-1</sup> de N), IPR Andorinha (92 kg ha<sup>-1</sup> de N) e IPR Curió (82 kg ha<sup>-1</sup> de N) ocorreu aos 60 DAE (enchimento das vagens) (Figura 7B).

De maneira geral, as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió (ciclo precoce e hábito de crescimento determinado) apresentaram os máximos acúmulos de MS e N na parte aérea antes do que a cv. Pérola (ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado).

Considerando a média dos anos, os acúmulos máximos de N nas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curio foram de 104, 86, 99 e 92 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Dessas quantidades, foram exportados pelas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió 80, 64, 73 e 68 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Portanto, de modo respectivo, as exportações relativas de N pelas

cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curío foram de 77, 74, 73 e 73%. Para cada tonelada de grãos de feijão-comum produzida pelas cvs. Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curío foram exportados 25, 22, 23 e 22 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

## 6.2 Experimento II

As cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado responderam aos manejos da adubação nitrogenada de cobertura. Essas respostas variaram em função dos anos de cultivo, entretanto, mesmo com essas variações anuais, a aplicação de N na adubação de cobertura aumentou o acúmulo de MS na parte aérea em R8, o acúmulo de N na parte aérea em R8, o número de vagens por planta e, conseqüentemente, a produtividade de grãos de feijão, independentemente das doses e épocas de aplicação do N.

A adubação nitrogenada de cobertura quando realizada no estágio de desenvolvimento V3 (M2 - aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3) e no dia da semeadura (M7 - aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura) proporcionou às cultivares de feijão-comum de ciclo precoce produtividade de grãos semelhante à obtida com o manejo M5 (90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5), que recebeu o dobro da dose de N recomendada para a cultura do feijão-comum.

As cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado não apresentaram as melhores produtividades de grãos com o manejo M6. Esse manejo utilizou as leituras com o clorofilômetro e o ISN < 90% para prever as épocas e doses de N à serem aplicadas na adubação de cobertura. Com base nesses critérios foram aplicados na adubação de cobertura 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4, o que possivelmente não atendeu a exigência de N pelas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado. Na cultura do feijão-comum, os estudos realizados até o momento recomendam que a utilização do ISN deve ser < 90%, entretanto esses estudos não foram realizados em cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado. Portanto, nos próximos estudos com cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado é importante se estudar qual o melhor ISN a se recomendar para essas cultivares especificamente.

## 7 CONCLUSÕES

O acúmulo máximo de N na parte aérea das cultivares de feijão-comum IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, que apresentam ciclo precoce e hábito de crescimento determinado, ocorreu antes do que na cultivar Pérola, que possui ciclo normal e hábito de crescimento indeterminado.

Portanto, a adubação nitrogenada de cobertura para as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, deve ser recomendada preferencialmente até o estágio de desenvolvimento V3, pois mesmo com as variações que ocorreram durante os anos de cultivo, os manejos em que o N foi aplicado até o estágio de desenvolvimento V3 (M2 - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 e M7 - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura) proporcionaram às cultivares de feijão-comum de ciclo precoce as melhores repostas, principalmente aumentos na produtividade de grãos.

A dose de N a ser aplicado na adubação de cobertura nas cultivares de feijão-comum de ciclo precoce e hábito de crescimento determinado deve levar em consideração a exportação de N para cada tonelada de grãos de feijão produzido, que foi de 22, 23 e 22 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cvs. IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió, respectivamente. Além disso, é importante se levar em consideração a produtividade de grãos esperada, histórico da área e eficiência dos fertilizantes utilizados.

## REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Manejo da adubação nitrogenada. In: KLUTHCOUSKI, J.; SOTNE, L.F.; AIDAR, H. (eds.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 452p.
- AMARAL, C.B. do.; PINTO, C.C.; FLÔRES, J.A. de.; MINGOTTE, F.L.C.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhada de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.1602-1609, 2016.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 189-203.
- ANDRADE, C.A.B. de.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L de.; MARTORELLI, D.T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.683-688, 2009.
- ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, A.J.; VIEIRA, N.M.B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.67-86.
- ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, p.499-508, 1998.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1990. 684 p.
- ARF, M.V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J.P.; GITTI, D. de C. YAMAMOTO, C.J.T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.430-438, 2011.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality, and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v.47, p.159-167, 1993.
- BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N.K.; MENDES, P.N. Épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.425-431, 2009.
- BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v.107, p.563-573, 2015.

BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; RUFFO, M.L.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, p.161-170, 2013.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2003. 41p.

BINOTTI, F.F.S. Descrição e fisiologia da planta. In: ARF, O.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; FERRARI, S. (eds.). **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2015. p.29-38.

BINOTTI, F.F.S.; ARF, O. JUNIOR, A.R.; FERNANDES, F.A.; SA, M.E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno irrigado. **Bragantia**, v.66, p.121-129, 2007.

BRAGANTINI, C. Produção das sementes. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. 786p.

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

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v.40, p.2067-2073, 2010.

CATUCHI, T.A.; SORATTO, R.P.; FRANCISQUINI JÚNIOR, A.; ARANDA, E.A.; GUIDORIZZI, F.V.C.; TIRITAN, C.S. Nitrogen management, nitrogen use efficiency, and seed yield and quality of creeping signalgrass. **Crop Science**, v.57, p.2865-2874, 2017.

COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.28, p.257-274.1971.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra do feijão 2018/2019**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 28 de maio. 2019.

CRUSCIOL, C.A.; FERNANDES, A.M.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; ALVAREZ, R.C.F. Macronutrient uptake and removal by upland rice cultivars with different plant architecture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-20, 2016.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 386p.



FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops 2017**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 de maio. 2019.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SANTOS, L.A. dos. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: II - Micronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.37, p.1043-1056, 2013.

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

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20, p.867-884, 1961.

GASPAR, A.P.; LABOSKI, C.A.M.; NAEVE, S.L.; CONLEY, S.P. Dry matter and nitrogen uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. **Crop Science**, v. 57, p.2170-2182, 2017.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, p.381-391, 1967.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAÚJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (eds.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Cerrado, 1997. p.187-258.

KEENEY, D.R. Nitrogen – availability index. In: PAGE, R.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (eds.). **Methods of soli analysis. Chemical and microbiological properties**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.711-733.

KOTZ-GURGACZ, T.E.; SORATTO, R.P.; GUIDORIZZI, F.V.C. Foliar and topdressing application of nitrogen to the common bean crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1329-1337, 2018.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. 786p.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M.H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage theory and practices for crop N management. **European Journal Agronomy**, v.28, p. 614-624, 2008.

MA, B.L.; HERATH, A.W.; Timing and rates of nitrogen fertilizer application on seed yield, quality and nitrogen-use-efficiency of canola. **Crop Pasture Science**, v.67, p.167-180, 2016.

MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; LIEBE, S.M.; ALMEIDA, A.Q. Criteria for topdressing nitrogen application to common bean using chlorophyll meter. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.512-520, 2017.

MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; NASTARO, B.; FREITAS, L.B. The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.183-191, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Vegetal. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal>. Acesso em: 19 de jul. 2016.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Vegetal. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 06 de out. 2017.

NASCENTE, A.S.; CARVALHO, M.C.S. Yield, biomass production and nutrients accumulation of super early genotype of common bean. **Colloquium Agrariae**, v.14, p.101-114, 2018.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

ROSOLEM, C.A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão. 2002. 99p.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. 353p.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.S. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.41-66.

SANTOS, L.A. dos; SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; GONSALES, J.R. Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, v.62, p.107-116, 2015.

SGARBIERI, V.C.; ANTUNES, P.L.; ALMEIDA, L.D. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v.44, p.1306-1308, 1979.

SILVEIRA, P.M.; GONZAGA, A.C.O.; SARMENTO, P.H.L. Passo a passo para o uso do clorofilômetro portátil na quantificação do nitrogênio a ser aplicado em cobertura no feijoeiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Arroz e Feijão**. 2017.

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

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.64, p.211-218, 2005.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1351-1359, 2013a.

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

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SOUZA, E.F.C.; SOUZA-SCHLICK, G.D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2019-2028, 2011.

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

SOUZA, A.B. de; ANDRADE, M.J.B. de; MUNIZ, J.A.; REIS, R.F. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.87-98, 2002.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P.; PAGANI, F.A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.370-377, 2011.

STEVENSON, F.J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J. et al. (eds.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.1-42.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

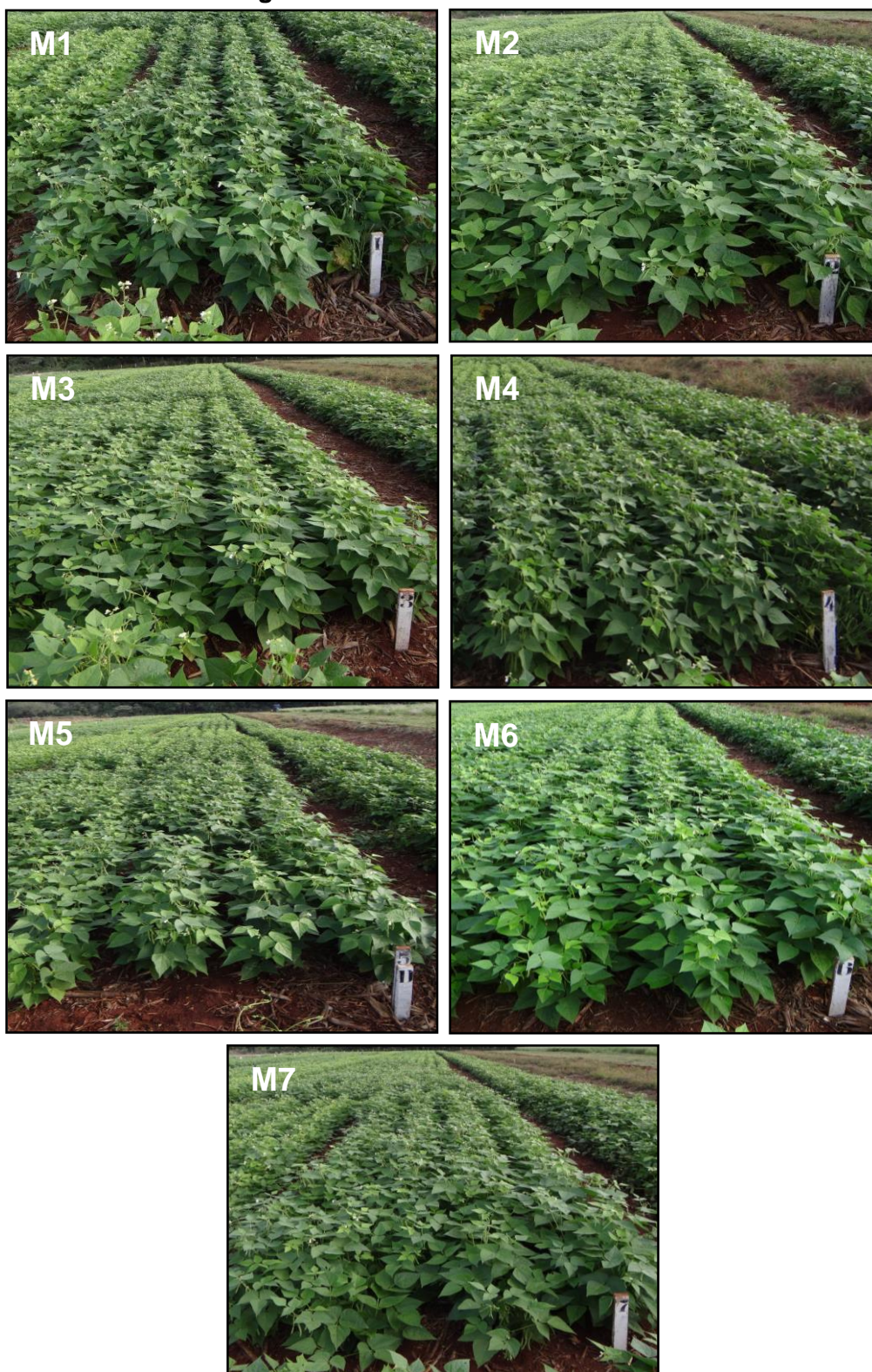
VALLIS, I.; KEATING, B.A. Uptake and losses of fertilizer and soil nitrogen in sugar crops. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**, v.16, p.105-113, 1994.

## APÊNDICES

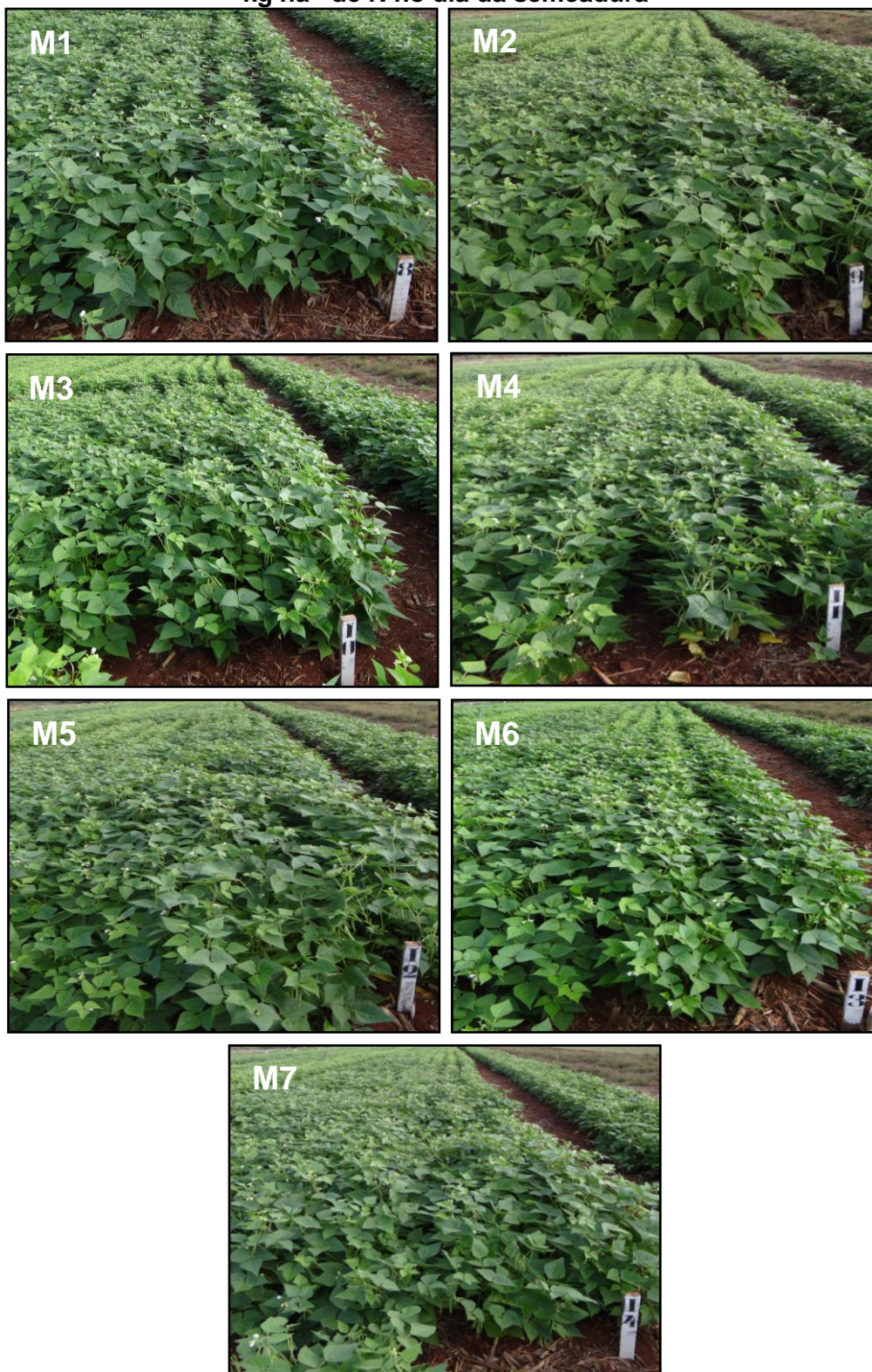
### APÊNDICE A - Manejo da área experimental e semeadura das cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió durante a safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017



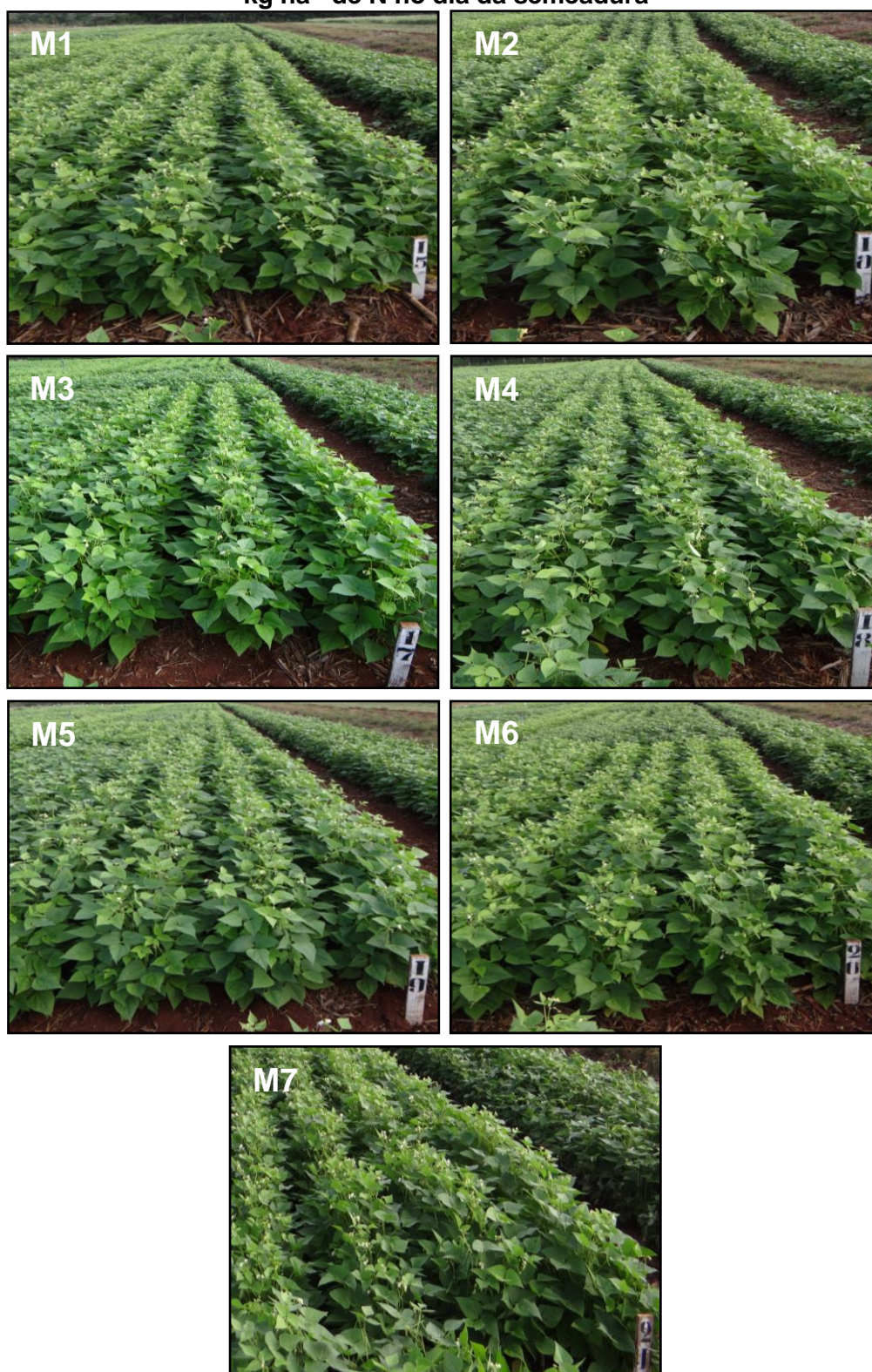
**APÊNDICE B - Manejo da adubação nitrogenada na cv. IAC Imperador cultivada na safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017. M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N; M6: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4, pois foi quando as leituras com clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura**



**APÊNDICE C - Manejo da adubação nitrogenada na cv. IPR Andorinha cultivada na safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017. M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N; M6: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4, pois foi quando as leituras com clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da sementeira**



**APÊNDICE D - Manejo da adubação nitrogenada na cv. IPR Curió cultivada na safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017. M1: testemunha - sem aplicação de N em cobertura; M2: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3; M3: 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4 (manejo recomendado); M4: 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em R5; M5: tratamento referência para as leituras com clorofilômetro, com aplicação do dobro da dose recomendada, visando manter as plantas sem sintomas de deficiência de N; M6: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V3 + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em V4, pois foi quando as leituras com clorofilômetro indicaram ISN < 90% em relação ao tratamento M5; M7: aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura**



**APÊNDICE E - Tratos culturais realizados nas cultivares de feijão-comum Pérola, IAC Imperador, IPR Andorinha e IPR Curió na safra das “águas” dos anos de 2016 e 2017**

