



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS**  
**CÂMPUS IPAMERI**  
**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**



**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM CULTIVARES DE FEIJÃO  
COMUM AOS PRINCIPAIS MACRONUTRIENTES**

**JÉSSICA SCHRODER PACHECO**

**M  
E  
S  
T  
R  
A  
D  
O**

**Ipameri-GO  
2016**

**JÉSSICA SCHRODER PACHECO**

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM CULTIVARES DE FEIJÃO  
COMUM AOS PRINCIPAIS MACRONUTRIENTES**

Orientador. Prof. Dr. Fabricio Rodrigues

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Ipameri  
2016



Câmpus Ipameri  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal  
Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, 75780-000 Ipameri-GO  
[www.ppgpv.ueg.br](http://www.ppgpv.ueg.br) e-mail: [ppgpv.ipameri@gmail.com](mailto:ppgpv.ipameri@gmail.com)  
Fone: (64)3491-5219



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “EFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM CULTIVARES DE FEIJÃO  
COMUM AOS PRINCIPAIS MACRONUTRIENTES”**

**AUTORA: Jéssica Schroder Pacheco**

**ORIENTADOR: Fabrício Rodrigues**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM  
PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. FABRICIO RODRIGUES  
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO

Prof. Dr. DANIEL DIEGO COSTA CARVALHO  
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO

Prof. Dr. HELTON SANTOS PEREIRA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Arroz e Feijão

Data da realização: 26 de fevereiro de 2016

Pacheco, Jéssica Schroder.

Eficiência nutricional em cultivares de feijão comum aos principais macronutrientes/ Jéssica Schroder Pacheco. - 2016. 25 f.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, 2016.

1. Ciências Agrárias .2. Agronomia. 3. Eficiência nutricional em cultivares de feijão comum aos principais macronutrientes. I. Título.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2.OBJETIVOS.....	03
3.MATERIAIS E MÉTODOS.....	04
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	06
5.CONCLUSÃO.....	16
6.REFERENCIA BIBILOGRÁFICAS.....	17

## RESUMO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma das espécies mais cultivadas no mundo. O Brasil é um dos maiores produtores desse grão que constitui a base alimentar brasileira. Entretanto, a produtividade média nacional ainda é bem menor do que o esperado. Alguns fatores são responsáveis por isso: o manejo inadequado de nutrientes do solo e o uso de cultivares não adaptados para cada região. Portanto, é necessário identificar cultivares eficientes e responsivas para os nutrientes mais utilizados pela cultura: nitrogênio, fósforo e potássio. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi identificar cultivares e linhagens pré-comerciais de feijoeiro comum eficientes e responsivas para cada um desses nutrientes. Foram realizados três experimentos, um para cada nutriente citado. O delineamento experimental utilizado foi o mesmo para os três estudos, sendo de blocos casualizados em esquema fatorial simples, com três repetições, com uso de onze cultivares sob quatro doses de N e P (0, 53, 106, 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e K (0, 47, 94, 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Para os três experimentos, a variável analisada foi a produtividade de grãos e para interpretação dos dados foi realizada a análise de variância com o auxílio do programa computacional SISVAR. A classificação das cultivares foi realizada pela metodologia proposta por Gerloff (1977). Observou-se diversidade genética entre as cultivares para todos os nutrientes, identificou-se cultivares eficientes e responsivas ao N, P e K, sob estresse total e parcial dos nutrientes. As cultivares BRS Agreste, BRS Cometa, BRS Estilo, BRS Notável e BRS Pontal foram eficientes aos estresses total e parcial, apresentando as maiores produtividades. Destaque para a cultivar Pérola que mostrou-se responsiva para todos os nutrientes, sendo indicada principalmente para produtores de nível tecnológico avançado e a cultivar BRS Estilo destacou-se como eficiente e responsiva para N, P e K, abrangendo todos os níveis tecnológicos de cultivo.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*; Feijoeiro Comum; Nitrogênio; Fósforo; Potássio

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris*) is one of the most cultivated species in the world. Brazil is a major producer of this grain that is the Brazilian food base. However, the national average productivity is still much lower than expected. Some factors are responsible for this: inadequate management of soil nutrients and the use of non-adapted cultivars for each region. Therefore, it is necessary to identify efficient and responsive cultivars to more nutrients used by the crop nitrogen, phosphorus and potassium. Thus, the objective of this study was to identify cultivars and pre-commercial strains of efficient and responsive common bean to nitrogen, phosphorus and potassium. We performed three experiments, one for each of the nutrients. The experimental design was the same for the three studies, a randomized block design in a factorial design with three replications of eleven cultivars and four doses of N and P (0, 53, 106, 160 kg ha<sup>-1</sup> of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and K (0, 47, 94, 140 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O). For the three experiments, the analyzed variable was grain yield and interpretation of the data was performed by analysis of variance with the help of SISVAR computer program. The classification of varieties was performed by the method proposed by Gerloff (1977). We observed genetic diversity being cultivars for all nutrients, identify cultivars efficient and responsive to N, P and K, under full and partial stress of nutrients. The BRS Agreste, BRS Cometa, BRS Style, BRS Notável and BRS Pontal were efficient to full and partial stress, with the highest yields. Cultivar Pérola stood out by presenting responsiveness for all nutrients, it is indicated mainly for producers with advanced technological level. The BRS Estilo stood out as efficient and responsive to N, P and K, covering all technological levels of cultivation.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*; Common bean; Nitrogen; Phosphor; Potassium;

## 1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma das espécies mais cultivadas no mundo e o Brasil é um dos maiores produtores, onde seu grão constitui a base alimentar, sendo um dos principais itens da cesta básica. Apreciado pelo sabor, é fonte de ferro, fibras, proteínas e vitaminas do complexo B, favorecendo o combate à desnutrição da população menos abastada. Contudo, a produtividade média do feijão, no país, é considerada baixa e não corresponde ao potencial de rendimento das cultivares, que ultrapassa 3000 kg ha<sup>-1</sup> (FARINELLI e LEMOS, 2010).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, estima-se que a área destinada ao cultivo do feijoeiro no Brasil é de 3.02 milhões de hectares, com produção de 3.33 milhões de toneladas, destacando-se as regiões Sudestes, Sul e Centro-Oeste como maiores produtoras. O estado de Goiás é o responsável pela maior produtividade média, com 2.255 kg ha<sup>-1</sup>, superior à produtividade média nacional que corresponde a 1.361 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2015/16 (CONAB, 2016).

Dentre as razões que contribuem para esses resultados estão: falhas no uso tecnológico, o emprego de cultivares não adaptadas para cada região e a inadequada nutrição mineral, sendo este último um dos fatores determinantes para a produtividade (NASCENTE et al., 2014a). Além disso, os solos de regiões tropicais são, geralmente, deficientes em nutrientes essenciais em razão dos baixos teores de matéria orgânica, elevada acidez e toxidez de alumínio, delimitando a disponibilidade dos nutrientes as plantas (SILVA et al., 2008).

No cultivo do feijoeiro comum, é necessário que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para que as cultivares atinjam o teto produtivo, pois, a exposição ao estresse pode limitar a produção de grãos (SANT'ANA et al., 2011). Dessa forma, é comum a equivocada aplicação excessiva de adubação por parte dos produtores em busca de maiores produtividades, acarretando perdas econômicas e ambientais, tendo em vista que, uma vez não sendo absorvidos pelas plantas, os minerais são lixiviados, atingindo cursos hídricos e resultando em eutrofização (BERTOL et al., 2007). O excesso de aplicações dos nutrientes pode promover esgotamentos de jazidas dos mesmos, podendo interferir na produção de alimentos a nível mundial (CONANT et al., 2013).

Os nutrientes mais exigidos e essenciais para o correto desenvolvimento da cultura do feijoeiro comum são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), portanto, é imprescindível a adubação com esses nutrientes nos solos destinados ao cultivos desta cultura (MELÉM-

JUNIOR et al., 2011). O P é necessário para a fotossíntese, respiração, transferência de genes e em processos que envolvem transferência de energia das plantas (OLIVEIRA et al., 2012), o N é de suma importância para o florescimento e enchimento de grãos (SORATTO et al., 2011) e o K é responsável pela translocação e balanço iônico (SOUSA et al., 2013).

A disponibilidade de nutrientes deve estar de acordo com a quantidade que a cultivar é capaz de metabolizar, contemplando a relação custo-benefício no âmbito econômico e evitando, também, danos ambientais (PACENTCHUK et al., 2014). Os programas de melhoramento genético têm a função de desenvolver meios que contribuam para a resolução desses entraves, resguardando recursos econômicos e ambientais e elevando a produtividade, como por exemplo, a avaliação da eficiência agrônômica otimizando o aproveitamento do nutriente do solo (FAGERIA, 1998).

A eficiência agrônômica definida pela produção de grãos por unidade de nutriente aplicado ao solo, sendo uma característica intrínseca de cada material genético em função da disponibilidade do nutriente à planta, bem como das condições físico-químicas do solo (SERRA et al., 2013; CARVALHO et al., 2011). A avaliação da eficiência agrônômica das cultivares de feijão comum promove a classificação quanto a eficiência e responsividade, identificando genótipos produtivos e responsivos sob baixa disponibilidade de nutrientes ao solo, já confirmados em alguns trabalhos, tanto para N (SOUZA et al., 2012; SANT'ANA et al., 2011; FARINELLI & LEMOS, 2010) quanto para P (OLIVEIRA et al., 2012) e, também, para K (GALVÃO et al., 2013).

Em razão da importância socioeconômica e nutricional do feijoeiro comum para a população brasileira, há um crescente interesse na ampliação do mercado do feijoeiro. Dessa maneira, com a baixa fertilidade do solo do cerrado, do custo elevado dos fertilizantes e a baixa tecnologia aplicada ao cultivo desta cultura é constatada a necessidade de pesquisas científicas que apresentem cultivares eficientes e responsivas, a fim de alcançar o teto produtivo das cultivares com menor uso de insumos, minimizando perdas econômicas e ambientais, atendendo a demanda populacional.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do trabalho foi identificar cultivares de feijão comum eficientes e responsivas ao nitrogênio, fósforo e potássio.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Estadual de Goiás, localizada no município de Ipameri, GO (Lat. 170 43' 19" S, Long. 480 09' 35" W, Alt. 773 m), durante a safra 2014/15. O delineamento experimental utilizado foi o mesmo para os três experimentos, sendo de blocos casualizados em esquema fatorial, com três repetições, utilizados onze cultivares e linhagens pré-comerciais de feijoeiro comum, cedidos pela Embrapa Arroz e Feijão. Sendo as cultivares BRS Agreste, BRS Ametista, BRS Cometa, BRS Estilo, BRS Marfim, BRS Notável, Pérola, BRS Pontal e BRS Sublime e as pré linhagens CNFC 10729 e CNFC 10762. Foram utilizados doses dos nutrientes: nitrogênio (0, 53, 106, 160 kg ha<sup>-1</sup> de N); fósforo (0, 53, 106, 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); e potássio (0, 47, 94, 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura 300, 80, 620 de argila, limo e areia, conforme Embrapa (2006). O pH foi corrigido conforme a análise de solo (Tabela 1) e, posteriormente, o solo foi adubado com as respectivas doses de N, P e K.

**Tabela 1.** Principais atributos químicos do solo (0-20 cm de profundidade), provenientes de amostras diferentes, sem qualquer aplicação de fertilizantes. Ipameri, GO, 2016.

CARACTERÍSTICAS	pH	M.O.	P <sub>Melich</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmolc/dm <sup>-3</sup>						%
SOLO	5,1	20,6	1,0	2,26	0,09	1,56	0,74	49,8	4,67	15,5

pH – acidez ativa, M.O. – Matéria orgânica, P – Fósforo disponível, H+Al – acidez potencial, k – Potássio disponível, Ca – Cálcio trocável, Mg – Magnésio trocável, CTC – Capacidade de troca catiônica efetiva, V% – Saturação por bases;

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens e o plantio foi realizado manualmente, com a deposição de 15 sementes por metro e posteriormente, realizado o desbaste para a permanência de 10 plantas por metro. Após 20 dias de emergência, foi realizada a adubação de cobertura com ureia (45% N), sendo aplicado metade na base e a outra metade em cobertura, para todos os tratamentos, exceto na dose zero de nitrogênio. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual e o controle de pragas e doenças foi realizado no estádios vegetativo e reprodutivo. Foram realizados três aplicações do inseticida Tiger 100 EC (250 ml ha<sup>-1</sup>), para o controle da mosca-branca, aplicados nos estádios V3, R1 e R3, Para lagartas, foi utilizado o inseticida Rimon 100 EC (75 ml ha<sup>-1</sup>), aplicados no estádio V6, Em relação ao controle de doenças, foram realizadas duas aplicações de fungicida Oranis® (200 ml ha<sup>-1</sup>), e o Carben 500 SC (500 ml ha<sup>-1</sup>).

<sup>1)</sup> para controle de mancha-angular e antracnose, aplicados nos estádios R1, R6. Cada parcela foi representada por duas fileiras de três metros de comprimento, espaçadas a 0,45m, totalizando uma área útil de 2,7 m<sup>2</sup>.

Nos três experimentos, a variável analisada foi a produtividade de grãos, obtida por meio da pesagem total dos grãos das parcelas e, posteriormente, transformados em kg ha<sup>-1</sup>. Para a interpretação dos dados, foi realizada a análise de variância com o auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

Para a classificação das cultivares quanto a eficiência agrônômica de N, P e K, foi utilizada a metodologia proposta por Gerloff (1977), que sugere a classificação das cultivares quanto à eficiência e responsividade, calculada por meio das produtividades em relação as doses dos nutrientes aplicadas ao solo, conforme a seguinte fórmula:

$$EA_{(N,P,K)} = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QNa)$$

Onde:

$EA_{(N,P,K)}$  = eficiência agrônômica ou responsividade para cada nutriente (kg kg<sup>-1</sup>)

$PG_{cf}$  = produtividade de grãos com aplicação de fertilizantes

$PG_{sf}$  = produtividade de grãos sem fertilizantes

$QNa$  = diferença na quantidade de nutriente aplicado no solo

Fórmula aplicada para ambos os estresses (total e parcial), sendo que a  $PG_{cf}$  corresponde as produtividades adquiridas nas doses (106 e 160 kg ha<sup>-1</sup> para N e P) e (94 e 140 kg ha<sup>-1</sup> para K), que representam as doses adequada e elevada dos nutrientes. Para  $PG_{sf}$ , em estresse total é a produtividade obtida na dose 0 (0 kg ha<sup>-1</sup> para N, P e K) e quando em estresse parcial nas doses (53 kg ha<sup>-1</sup> para N e P) e (47 kg ha<sup>-1</sup> para K). E  $QNa$  representa a diferença na quantidade de nutriente aplicado no solo, entre os estresses e as doses adequadas e elevada dos nutrientes.

Os dados foram interpretados e inseridos no plano cartesiano, representados em gráficos, onde o eixo x (das abscissas) é responsável por identificar a eficiência das cultivares e no eixo y (das ordenadas), encontra-se as cultivares dispostas de acordo com a responsividade ou índice de eficiência agrônômica. O ponto de origem representa as médias de eficiência e responsividade. No gráfico, as cultivares foram classificadas como eficientes e responsivas (ER), ineficientes e responsivas (IR), ineficientes e não responsivas (INR) e eficientes e não responsivas (ENR).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo das fontes de variação doses de nitrogênio, fósforo e potássio, mostrando que existe variabilidade entre os genótipos com relação para os estresses. Observa-se o efeito significativo da interação cultivar x dose para os três nutrientes, o que evidencia que as cultivares foram influenciadas de maneira diferente pelas doses. Os coeficientes de variação apresentaram-se dentro dos valores aceitáveis para experimentos em campo, estando dentro do esperado para avaliações de eficiência nutricional (OLIVEIRA et al., 2009a).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para produtividade de grão de onze cultivares, cultivados sob diferentes doses de N, P (0, 53, 106, 160 kg ha<sup>-1</sup>) e K (0, 47, 94, 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Ipameri, 2016.

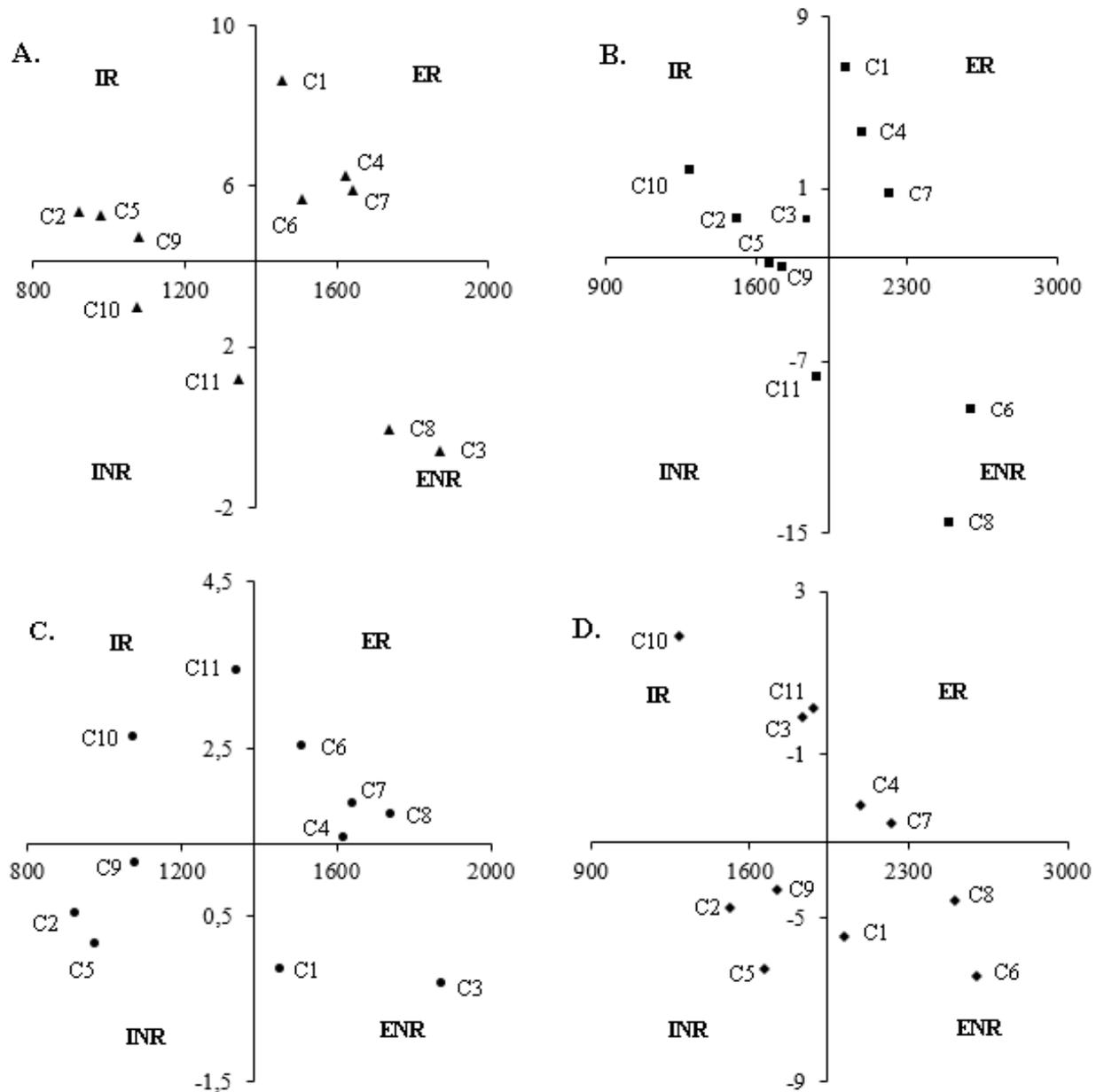
F.V	GL	Quadrado médio		
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Cultivares (C)	10	946047,66**	1070475, 93**	753354,93**
Doses (D)	3	1738031,31**	3116095, 01**	963430,16**
C x D	30	113397,48*	91053,77*	146662,78**
Blocos	2	5025698,50	4599216,77	3810081, 50
Erro	86	50787,50	38241,53	51477,58
CV (%)		15,02	16,14	15,87
Média		1500,82	1211,25	1429,93

\*\* e \*- significativo a 1 e 5 % de probabilidade, pelo teste F; CV% - coeficiente de variação.

As cultivares apresentaram comportamentos distintos quanto à eficiência agrônômica de nitrogênio (Figura 1). Para o melhoramento genético, a seleção sob estresse total do nutriente permite a identificação de genótipos com maior adaptabilidade em condições de deficiência (LAPERCHÉ et al., 2006). As cultivares BRS Agreste (C1), BRS Notável (C6), BRS Estilo (C4), BRS Pérola (C7), BRS Pontal (C8) e BRS Cometa (C3) foram classificadas como eficientes (Figura 1A e 1C) sob estresse total de nitrogênio (N), em razão das maiores médias de produtividades (1.455 a 1.873 kg ha<sup>-1</sup>), em ordem crescente, demonstrando maior adaptação às condições de estresse nutricional. Segundo Cancellier et al. (2011), cultivares eficientes ao nitrogênio são indicadas para cultivos de baixa tecnologia, nos quais utiliza-se pouca ou nenhuma adubação nitrogenada em função do alto custo deste nutriente.

Dentre os 25 genótipos de feijão comum cultivados em várzea tropical, sob dose alta e baixa de nitrogênio, avaliados por Sousa et al. (2012), a cultivar Pérola foi classificada como eficiente e não responsiva, (279 kg ha<sup>-1</sup> e 1,33 kg kg<sup>-1</sup>). No presente estudo, na figura 1A e

1B, a mesma cultivar foi classificada como eficiente e responsiva ( $1.640 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $5,89 \text{ kg kg}^{-1}$ ), do mesmo modo que as cultivares BRS Agreste (C1) e BRS Estilo (C4), com  $1.455$ ,  $1.620 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $8,62$  e  $6,25 \text{ kg kg}^{-1}$ , respectivamente.



**Figura 1.** Eficiência ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e responsividade ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) das cultivares de feijão comum, BRS Agreste (C1), BRS Ametista (C2), BRS Cometa (C3), BRS Estilo (C4), BRS Marfim (C5), BRS Notável (C6), Pérola (C7), BRS Pontal (C8), BRS Sublime (C9), CNFC 10729 (C10) e CNFC10762 (C11) em função de diferentes doses de nitrogênio, sendo representado pela figura 1A e 1C, estresse total, figura 1B e 1D, estresse parcial do nitrogênio.

Para Salgado et al. (2012), a eficiência apresentada pelas cultivares é determinada pela alta capacidade do material genético em desenvolver mecanismos de adaptação ao estresse do nutriente, desde absorção, translocação e utilização interna, sendo mais eficaz os processos metabólicos em relação aos demais materiais avaliados.

Além disso, alguns genótipos apresentam elevada capacidade de nodulação, promovendo maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio (FBN), permitindo produtividades significativas sob estresse desse elemento no solo, essas cultivares são recomendadas para produtores que adotam desde alto a baixo nível tecnológico, pois apresentam elevada produtividade em solos com baixa fertilidade e resultam em produtividade de acordo com acréscimos de nutriente (SALGADO et al. 2011).

As cultivares Notável (C6) e Pontal (C8) foram classificadas como eficientes e não responsivas, apresentando altas produtividades (2.600 e 2.501 kg ha<sup>-1</sup>) e baixos valores de responsividade, respectivamente, -9,2 e -14,4 kg kg<sup>-1</sup> (Figura 1B) e -6,42 e -4,58 (Figura 1D). A ausência de responsividade é justificada pela maior rusticidade desses cultivares, com alto rendimento de grão em solos com baixa disponibilidade do nutriente ao solo. Verifica-se que essas cultivares obtiveram maior rendimento de grão com aplicação da metade da dose do nutriente ao solo (53 kg ha<sup>-1</sup> de N) em relação às doses adequada e elevada do nutriente.

A alta produtividade neste caso 2.097 kg ha<sup>-1</sup> da cultivar Pontal foi observada por Nascente et al. (2012), corroborando com dados encontrados neste trabalho (Figuras 1B e 1D), justificando a baixa responsividade aos incrementos das doses de nitrogênio ao solo em decorrência do menor desenvolvimento radicular ou da baixa atividade dos carregadores dos sítios de absorção na fase inicial de plântulas, embora responda bem a adubação de cobertura. Este material é indicado para cultivos de baixo nível tecnológico, pois, incremento da adubação no solo não corresponde a aumento na produtividade, apresentando alto rendimento de grão em baixo nível de nutriente.

Santos e Fageria (2007) avaliaram o comportamento de 6 cultivares de feijão comum em função da dose e manejo de nitrogênio em solo de várzea e destacaram as cultivares BRS Pontal (C8) e Pérola (C7) em relação a produtividade 1.245 e 1.890 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente sem nenhuma aplicação desse nutriente. A fácil adaptação dessas cultivares a solos sem nenhum incremento de adubo é consequência do sucessivo melhoramento genético. Cultivares do grupo carioca destacam-se pela estabilidade, na produtividade, nessas condições de estresses, em relação às oscilações de adubação, reconhecendo amplo espectro de adaptação desses cultivares, sendo indicadas com segurança para o cultivo agrícola (NASCENTE et al. 2012).

As cultivares na figura 1C e 1D, BRS Ametista (C2), BRS Sublime (C9) e BRS Marfim (C5) foram classificadas como ineficientes e não responsivas (INR), com produtividades e responsividade abaixo da média entre as cultivares avaliadas. Salgado et al.

(2012) encontraram cultivares ineficientes e não responsivas na avaliação de 12 genótipos de feijão comum sob dose alta e baixa N (120 e 20 kg ha<sup>-1</sup>), não indicando-as ao cultivo agrícola. Sant'Ana et al. (2011) observaram a redução da responsividade com o aumento da dose N ao solo por meio de regressão linear negativa ao testar as doses 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N percebendo efeito salino da adubação de N, para as plantas.

Efeitos de salinização foram também observados por Santos e Fageria (2007) que relataram severos danos à germinação de sementes de feijão comum resultante de aplicações acima de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no sulco de plantio, comprometimento a emergência das plântulas promovendo redução do estande final. Dessa forma, pode-se inferir que tanto o manejo quanto a quantidade aplicada reagem em conjunto com o material genético interferindo nos resultados de produtividade.

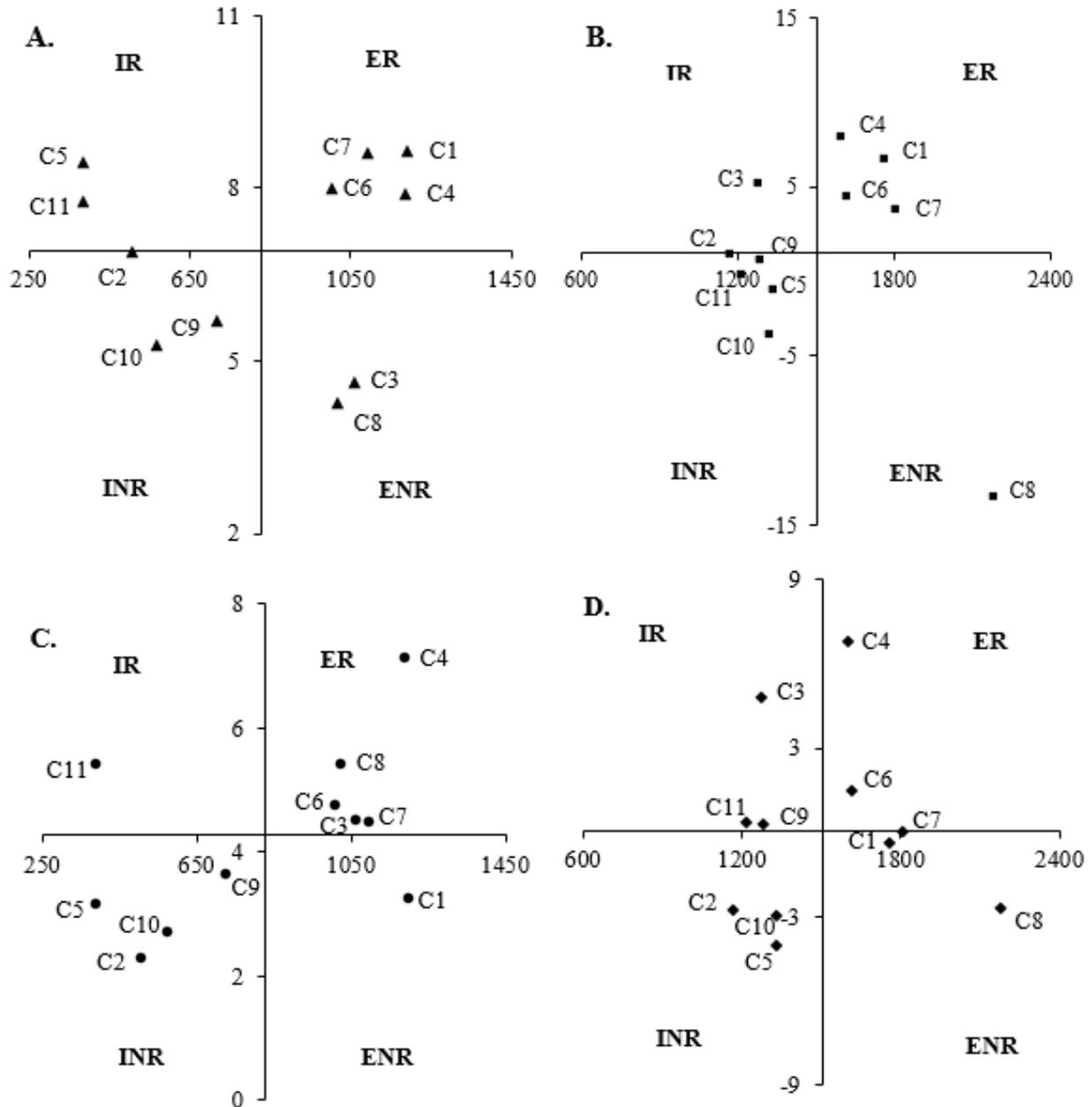
As cultivares BRS Estilo (C4) e Pérola (C7) repetem-se enquanto eficientes e responsivas em todos os quadrantes da Figura 1, são promissoras em condições de baixo e alto nível de nitrogênio, resultando valores consideráveis de produtividade 1.620 e 1.640 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente e responsividade 6,2 e 5,9 kg kg<sup>-1</sup> respectivamente, apresentado comportamento de confiabilidade, sendo indicadas para o cultivo independentemente do nível tecnológico aplicado.

As cultivares também apresentaram alterações na responsividade quanto as doses de fósforo (Figura 2), demonstrando exigências e tolerâncias nutricionais diferentes para cada nível de estresse. BRS Notável (C6), Pérola (C7), BRS Estilo (C4) e BRS Agreste (C1), nas Figuras 1A e 1B, apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos e responsividade sob estresse total (1.002 a 1.192 kg ha<sup>-1</sup> e 8,0 a 8,6 kg kg<sup>-1</sup>) e estresse parcial, (1.600 a 1.806 kg ha<sup>-1</sup> e 4,4 a 6,6 kg kg<sup>-1</sup>), sendo classificadas como eficientes e responsivas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2012), na avaliação de 19 cultivares de feijão comum, em solos do cerrado, sob dose alta e baixa, (120 e 20 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo, classificando genótipos de feijão comum como eficientes e responsivos por apresentarem produtividade e responsividade acima da média (611 kg ha<sup>-1</sup> e 7,7 kg kg<sup>-1</sup>). Possivelmente, essas cultivares promoveram ativação de mecanismos de proteção, realizando a adaptação do metabolismo por meio da ciclagem interna do fósforo e, portanto, movendo-o da fração não metabólica para a metabólica, garantindo e permitindo a estabilidade e manutenção das atividades da planta sem ocasionar sintomas de estresse (WANG et al., 2010).

A cultivar BRS Estilo (C4), na Figura 2C e 2D, apresentou a maior média de responsividade (7,1 e 6,8 kg kg<sup>-1</sup>). A responsividade representa o incremento obtido na

produtividade em função de cada quilograma de nutriente adicionado ao solo, dessa forma, houve acréscimo de 7,2 e 6,8 kg no rendimento de grãos a cada quilograma de P aplicado, correspondendo a 49 e 31% de aumento, respectivamente.



**Figura 2.** Eficiência (kg ha<sup>-1</sup>) e responsividade (kg kg<sup>-1</sup>) das cultivares de feijão comum, BRS Agreste (C1), BRS Ametista (C2), BRS Cometa (C3), BRS Estilo (C4), BRS Marfim (C5), BRS Notável (C6), Pérola (C7), BRS Pontal (C8), BRS Sublime (C9), CNFC 10729 (C10) e CNFC10762 (C11) em função de diferentes doses de fósforo, sendo representado pela figura 1A e 1C, estresse total, figura 1B e 1D, estresse parcial do fósforo.

Melo et al. (2010) classificaram a cultivar BRS Estilo como adaptada e estável, sendo adequada para o cultivo em todas as regiões do Brasil, e apresentando rendimento médio de

2.134 kg ha<sup>-1</sup>, excedendo até mesmo a média de cultivares como a Pérola, apresentando potencial de rendimento elevado, podendo superar 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, além de ser resistente ao acamamento e antracnose

Zucarelli et al. (2011) observaram que cultivares de feijão comum do tipo carioca, como a supracitada, apresentam produtividade crescente conforme o aumento das doses de fósforo ao solo, classificadas como responsivas, e mantêm a qualidade fisiológica da semente mesmo sob estresse total P. Dessa forma, é possível que os grãos das cultivares do presente estudo, na situação de estresse total desse nutriente e com o adequado manejo de pragas, possam ser aplicados também como sementes.

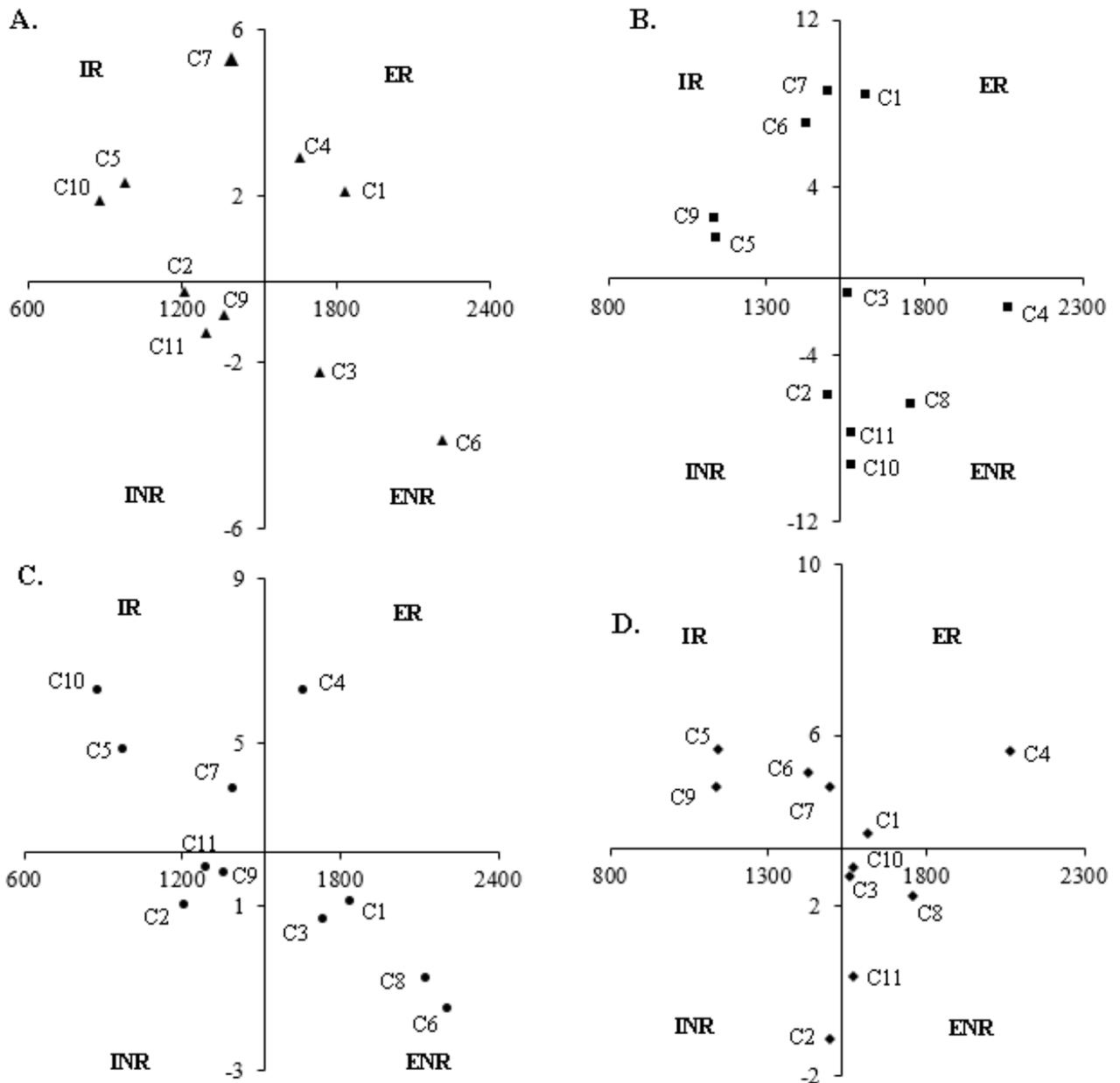
As cultivares BRS Ametista (C2) e BRS Marfim (C5) e a CNFC10729 (C10) foram classificadas como ineficientes e não responsivas (Figura 2B), apresentando baixa capacidade em adquirir o nutriente do solo em caso de estresse. Esta característica é intrínseca do genótipo e pode acarretar sintomas de deficiência, havendo restrições no desenvolvimento, decréscimo da fotossíntese e qualidade das sementes, constatando a redução da produtividade (SOUTO et al., 2009).

A cultivar BRS Marfim (C5) e a pré-linhagem CNFC 10762 (C11), na Figura 2A, em condições de estresse total, apresentaram baixa produtividade e considerável responsividade, inferindo-se que quanto maior a quantidade de adubo aplicado ao solo, maiores são os ganhos em produtividade. Entretanto, a falta de conhecimento de níveis exatos de aplicação do nutriente em função do teto produtivo pode incentivar o excesso de aplicações nos solos e promover desequilíbrio no meio ambiente, acelerando o esgotamento de fontes minerais (BERTOL et al., 2007).

As cultivares BRS Pontal (C8), apresentada na Figura 2B e 2D sob estresse parcial e BRS Agreste (C1), na Figura 2A e 2C sob estresse total, foram classificadas como eficientes e não responsivas e apresentaram as maiores produtividades 2.178 e 1.192 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores corroboram com o observado por Pereira et al. (2013), que, sob dose recomendada de adubação, BRS Pontal apresentou média de 2.091 kg ha<sup>-1</sup> e BRS Agreste destacou-se com 2.184 kg ha<sup>-1</sup>. Essas cultivares são interessantes para o mercado devido ao alcance de elevadas produtividades com a baixa disponibilidade de nutriente ao solo, promovendo um melhor custo benefício ao produtor rural e amenizando impactos ao meio ambiente. Desse modo, as cultivares que destacam-se em produtividade e responsividade são Pérola (C7), BRS Notável (C6) e BRS Estilo (C4), sendo eficientes e responsivas na Figura 2, sob todos os estresses, esse desempenho representa segurança para o cultivo e são indicadas para todos os níveis tecnológicos.

Os resultados da responsividade do potássio (K) encontram-se na Figura 3, os quais, as cultivares apresentaram variabilidade quanto às classificações, como em nitrogênio e fósforo, conseqüente da divergência genética entre as cultivares, sendo fator determinante para eficiência agrônômica (AMARAL et al., 2011). Na Figura 3A e 3C, a pré-linhagem CNFC 10729 (C10) e as cultivares BRS Marfim (C5) e Pérola (C7) são classificadas com ineficientes e responsivas em relação às doses de potássio, com produtividades abaixo da média (entre 877, 979 e 1.393 kg ha<sup>-1</sup>), mas com elevados valores de responsividade na figura 3A (1,8, 2,3 e 5,2 kg kg<sup>-1</sup>) e figura 3C (6,2, 4,8 e 3,8 kg kg<sup>-1</sup>), respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2009b), dentre as inúmeras funções do potássio na planta, está a ativação de diversos sistemas enzimáticos, principalmente envolvidos no processo de fotossíntese e respiração, a interferência nesse sistema pode prejudicar a produtividade. Esses mesmos autores observaram a resposta de feijão-caupi sob doses de potássio e concluíram que acréscimos do nutriente ao solo proporcionam aumento no rendimento de grãos, mostrando a alta responsividade do grupo dos feijões, colaborando com este estudo. Confirmado por Galvão et al. (2013), as cultivares de feijão-caupi correspondem à adubação potássica em dois sistema de plantio, direto e convencional, com produtividade 1.590 e 1.187kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, verificando produção 12% maior sob plantio direto, explicado pelo efeito residual expressivo de potássio usado na cultura anterior.

As cultivares BRS Pontal (C8), BRS Notável (C6) e BRS Cometa (C3) foram classificadas como eficientes e não responsivos (Figura 3A e 3C), com altos padrões de desempenho em campo, apresentando altas produtividades em solos com baixa disponibilidade de potássio 2.123; 2.210 e 1.735 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, porém baixos valores de responsividade na Figura 3A (-6,6, -3,8 e -2,2 kg kg<sup>-1</sup>) e Figura 3C (-1,4, -0,7 e 0,7 kg kg<sup>-1</sup>), respectivamente. A não responsividade quanto as doses de potássio das cultivares pode ser explicada pelo acúmulo do nutriente no sulco de plantio, prejudicando o desenvolvimento das sementes, afetando o crescimento das raízes, devido ao efeito salino do K, além do efeito antagônico direto sobre outros cátions, reduzindo a absorção ao exercer forte efeito competitivo para cálcio, magnésio, nitrogênio e fósforo, negativamente interferindo no desenvolvimento fisiológico da planta, reduzindo o rendimento de grãos (GALVÃO et al., 2013). Segundo Oliveira et al. (2009b), aplicações acima de 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio podem justificar o desbalanço nutricional do potássio em relação ao cálcio e magnésio, significando comportamentos irregular das cultivares avaliados em K em relação aos demais nutrientes testados neste estudo



**Figura 3.** Eficiência (kg ha<sup>-1</sup>) e responsividade (kg kg<sup>-1</sup>) das cultivares de feijão comum, BRS Agreste (C1), BRS Ametista (C2), BRS Cometa (C3), BRS Estilo (C4), BRS Marfim (C5), BRS Notável (C6), Pérola (C7), BRS Pontal (C8), BRS Sublime (C9), CNFC 10729 (C10) e CNFC10762 (C11) em função de diferentes doses de potássio, sendo representado pela figura 1A e 1C, estresse total, figura 1B e 1D, estresse parcial do potássio

Sob estresse parcial, na Figura 3D, a cultivar BRS Ametista (C2) apresentou-se como ineficiente e não responsiva, com os piores resultados de produtividade (1.496 kg ha<sup>-1</sup>) e responsividade (-1,1). Esse comportamento não é interessante para o mercado, desqualificando essa cultivar para o cultivo, pois, em relação ao grupo de cultivares analisados, apresentou sensibilidade ao déficit de K. A não aquisição adequada do nutriente do solo agrava perdas por lixiviação, elevando os índices entre 50 a 70%, onde o potássio não absorvido é perdido para o ambiente, tornando-se não lábil, o que provoca não só grandes

perdas de recursos econômicos, mas também prejuízos ambientais devido à eutrofização dos recursos hídricos (GE et al., 2002; SHAVIT e REISS, 2002; AUOADA et al., 2008).

Na Figura 3A e 3D, as cultivares BRS Notável (C6) e BRS Estilo (C4) apresentam as maiores produtividades, sendo a cultivar BRS Notável (C6) sob estresse total de K, com média de 2.210 kg ha<sup>-1</sup> e BRS Estilo (C4) sob estresse parcial, sendo 2.068 kg ha<sup>-1</sup>. Sabe-se que a correta adubação potássica influencia positivamente no aproveitamento do nitrogênio, aumentando o teor de clorofila, em razão da melhor assimilação de N melhorada pela disponibilidade ótima de potássio, elevando a fotossíntese. Esse comportamento é natural já que o potássio é nutriente de composição dos cloroplastos (50%) e nessa organela há promoção de difusividade de CO<sub>2</sub> nas células do mesófilo, o que contribui para maior atividade fotossintética (VIANA e KIEHL 2010).

As cultivares BRS Estilo (C4) e BRS Agreste (C1) foram classificadas como eficientes e responsivas para as doses de potássio em toda a Figura 3, representando materiais com desenvolvimento superior sob condições de baixa disponibilidade desse mineral ao solo e com melhor desempenho aos incrementos do mesmo, em relação aos demais materiais analisados, abrangendo todos os níveis tecnológicos de cultivo agrícola. Fageria et al. (2001) também observaram diferenças quanto à eficiência no uso de potássio e identificaram cultivares eficientes e responsivas as quais apresentaram alto rendimento de grãos sob condições de baixo teor deste mineral, respondendo ao aumento de doses do mesmo no solo. O potássio é insumo agrícola de elevado custo e um recurso natural não renovável, a otimização do adubo contendo esse mineral significa menor degradação ambiental e aumento da lucratividade pela redução dos custos (RENGEL e DAMOM, 2008).

Em suma, observa-se que, embora nitrogênio seja o elemento mais requisitado pelo feijoeiro comum, as cultivares BRS Agreste (C1), BRS Cometa (C3), BRS Estilo (C4), BRS Notável (C6) e BRS Pontal (C8) apresentaram altas médias de produtividade sob estresse total desse nutriente, do mesmo modo para potássio e fósforo, que são o segundo e terceiro elemento, respectivamente, mais requisitado pela cultura. Em situação de estresse parcial, ou seja, metade da dose ideal, para os nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, as cultivares BRS Agreste (C1), BRS Estilo (C4) e BRS Pontal (C8) foram as mais produtivas, demonstrando rusticidade quando ao apresentarem maior produtividade sob estresse parcial do que em condições ideais de adubação ou doses extras.

As cultivares BRS Estilo (C4) e Pérola (C7) são eficientes em relação às doses de nitrogênio e fósforo sob todos os níveis de estresse de adubação, enquanto BRS Notável (C6) apresentou o mesmo comportamento somente para fósforo. A cultivar BRS Estilo (C4) foi

considerada eficiente e responsiva para todos nutrientes avaliados, enquanto a cultivar Pérola (C7) foi classificada como responsiva em relação a todos os nutrientes.

As cultivares citadas acima apresentam-se superiores dado os níveis de estresse avaliados, apresentando altas produtividades e significativa eficiência agronômica para os nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, sendo recomendadas para o cultivo de acordo com suas classificações, resultando em economia, lucratividade e preservação ambiental, permitindo atender a demanda de mercado da cultura do feijoeiro e evitando o esgotamento das fontes desses minerais, contemplando a sustentabilidade.

#### 4. CONCLUSÃO

- A cultivar BRS Estilo é eficiente e responsiva para nitrogênio, fósforo e potássio, a cultivar Pérola é classificado como responsivo para todos os nutrientes.
- As cultivares BRS Estilo e Pérola são as mais promissoras quanto a eficiência agronômica ao nitrogênio e fósforo, e a BRS Notável apresentou-se como eficiente e responsiva apenas ao fósforo.
- Foram identificadas as cultivares BRS Agreste, BRS Cometa, BRS Estilo, BRS Notável e BRS Pontal como eficientes ao estresse total e parcial.
- Sob estresse parcial a melhor cultivar encontrada é a BRS Pontal e para estresse total, a cultivar BRS Estilo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, J.F.T. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p. 621-629, 2011.
- AUOADA, F. A. et al. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1643-1649, 2008.
- BERTOL, O. J. et al. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 04, p. 781-792, 2007.
- CANCELLIER, E.L et al. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.6, n.4, p.650-656, 2011.
- CARVALHO, R. P. de; PINHO; R. G. V.; VIDE, L. M. da C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 108-120, 2011.
- CONAB: Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – **Sexto Levantamento** – Janeiro/2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_03\\_10\\_16\\_50\\_05\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_10_16_50_05_boletim_graos_marco_2016.pdf)> Acesso em 03 de março de 2016.
- CONANT, R. T.; BERDANIER, A. B.; GRACE, P. R. Patterns and trends in nitrogen use and nitrogen recovery efficiency in world agriculture. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 27, n. 2, p. 558-566, 2013.
- FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira Engenharia. Agrícola. Ambiental**, v.2, p.6-16, 1998.
- FAGERIA, A. M; BARBOSA-FILHO M.P; COSTA, J. G.C. Potassium-use efficiency in common bean genotypes. **Journal of Plant Nutrion**. v. 24, n. 12, p. 1937-1945, 2001.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L..B. Produtividade e eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio no plantio direto e convencional. **Revista Bragantia**, v.69, n.1, p.165-172, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis sytem. **Ciência e agrotecnologia**, vol. 35, n.6 p.1039-1042, 2011.
- GALVÃO. J.R. et al. Sistemas de manejo e efeito residual do potássio na produtividade e nutrição do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 41-49, 2013.
- GE, J. J. et al. Biodegradable polyurethane materials from bark and starch. II. Coating materials for controlled-release fertilizer. **Journal of Applied Polymer Science, Bognor Regis**, v. 86, n. 12, p. 2948-2952, 2002.

GERLOFF, G. C. et al. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus, and potassium. In: **Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Proceedings of a workshop held at the National Agricultural Library, Beltsville, Maryland, November 22-23, 1976.** Cornell Univ. Agricultural Experiment Station, p. 161-173. 1977.

LAPERCHÉ, Anne et al. Estimation of genetic parameters of a DH wheat population grown at different N stress levels characterized by probe genotypes. **Theoretical and applied genetics**, v. 112, n. 5, p. 797-807, 2006.

MELÉM JÚNIOR, N. J. et al. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 7-18, 2011.

MELO, L. C. et al. BRS Estilo - Common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 10. p. 377-379, 2010.

NASCENTE, A. S. et al. Adubação de cultivares de feijoeiro comum em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 42, n. 4, p. 407-415, 2012.

NASCENTE, A.S.; COBUCCI, T.; SOUSA, D.M.G.; LIMA, D.P. Produtividade do feijoeiro comum afetada por fontes de fósforo com ou sem cálcio. **Revista Ciência Agrárias**, v. 57, n. 2, p. 180-185, 2014.

OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009a.

OLIVEIRA, A.P et al. Rendimento produtivo e econômico do Feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência agrotecnológica**. Lavras, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009b.

OLIVEIRA, T.O. et al. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. **Revista Verde**. v.7, n.1, p. 16 – 24, 2012.

PACENTCHUK, F. et al. Nitrogênio complementar via foliar nas culturas do milho, soja e feijão: doses e estádios fenológicos de aplicação. **Revista Plantio Direto-Edição**, v. 142, p. 143-29, 2014.

PEREIRA, H. S. et al. Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2603-2614, 2013.

RANGEL Z.; DAMOM, P. M. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. **Physiologia Plantarum**, v. 133, n. 4, p. 624-636, 2008.

SALGADO, F. H. M. et al. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 368-374, 2012.

SALGADO, F. H. M. et al. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do Estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 52-58, 2011.

SANT'ANA, E. V. P et al. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 5, p. 458- 462, 2011.

SANTOS, H. G et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. 306 p, 2006.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 9, p. 1237-1248, 2007.

SHAVIT, V.; REISS, M.; SHAVIV, A. Wetting mechanisms of gel-based controlled-release fertilizers. **Journal of Controlled Release**. v.88, n. 1, p. 71-83, 2002.

SERRA, A. P. et al. Eficiência nutricional do Nitrogênio e produção de biomassa em *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) em condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v.15, n.1, p.78-85, 2013.

SILVA, V. A. et al. Kinetics of K release from soils of Brazilian coffee regions: effect of organic acids. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 533-540, 2008.

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

SOUSA, S. A. et al. Eficiência e resposta à aplicação de nitrogênio de genótipos de feijão comum cultivados em várzea tropical do Estado do Tocantins. **Jornal Biotecnologia e Biodiversidade**. v. 3, n.3, p. 31-37, 2012.

SOUSA, M. das D. M, et al. Efeito da adubação potássica no crescimento do feijão de corda preto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.7, n.1, p. 66 - 73, 2013.

SOUTO, J. A. *et al.* Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajanus cajan millsp*). **Revista Verde**. v. 04 n. 01, p. 135-140, 2009.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? **Plant Science**, v.179, p.302-306, 2010.

ZUCARELLI, C. et al. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.