

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MARIA CLARA GABRIEL SILVA

GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM CULTIVADOS SOB ESTRESSE DE FÓSFORO
PARA O CULTIVO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES F2

Monte Carmelo
2023

MARIA CLARA GABRIEL SILVA

GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM CULTIVADOS SOB ESTRESSE DE FÓSFORO
PARA O CULTIVO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES F2

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia da
Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo, como requisito
necessário para a obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José
Marques

Monte Carmelo
2023

MARIA CLARA GABRIEL SILVA

GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM CULTIVADOS SOB ESTRESSE DE FÓSFORO
PARA O CULTIVO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES F2

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia da
Universidade Federal de Uberlândia,
Campus Monte Carmelo, como requisito
necessário para a obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 07 de novembro de 2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Douglas José Marques
Orientador

Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Mendes
Membro da Banca

Prof. Dr. Odair José Marques
Membro da Banca

Monte Carmelo
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a oportunidade de viver a cada dia e me conceder força, resiliência e confiança para consolidar meus objetivos.

Agradeço à minha família, meus pais Renato e Núbia, meus irmãos Otávio e Mariana, por serem minha base, confiarem em mim e me ajudarem por diversas vezes nessa jornada.

Aos meus amigos da graduação, João Paulo Rodrigues Correa Lima, Michelly de Moraes Ferreira e Nádia Mendes Diniz pelo companheirismo e amizade que fizeram os obstáculos serem superados com tanta leveza.

Ao Prof. Dr. Douglas José Marques, pela orientação e parceria na elaboração e condução deste trabalho, pela paciência e conselhos valiosos que levarei comigo para toda vida.

Meus agradecimentos a José Andrés Carreño Siqueira pela parceria na condução deste trabalho, pela troca de experiências, por todo aprendizado, que foram essenciais para finalização deste experimento científico.

Ao Núcleo Estudantil de Soja e Feijão (NESF), que me acolheu e me fez sentir parte do grupo, proporcionando experiências enriquecedoras.

A Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade cedida, por cumprir tão bem seu papel perante a sociedade e na formação de seus alunos, pela dedicação das pessoas envolvidas que formam um time de excelência em ensino e em desenvolver pessoas.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, que me apoiaram em momentos de incerteza, que me estenderam a mão e uma palavra de conforto, meus sinceros agradecimentos por tudo.

Dedico com carinho este trabalho à minha
família, que me permite todos os dias
realizar os meus sonhos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 Cultivo de feijão no Brasil: origem e importância socioeconômica	9
3.2 Dinâmica do fósforo nos solos tropicais brasileiros	10
3.3 Agricultura orgânica	11
3.4 Cultivo do feijoeiro em sistema de produção orgânico	13
3.5 Melhoramento de cultivares de feijão-comum: desafios e perspectivas.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Local do estudo e condições de crescimento	15
4.2 Delineamento experimental	17
4.3 Germoplasma	17
4.4 Preparo do solo	17
4.5 Manejo da adubação	18
4.6 Análise química do solo.....	19
4.7 Avaliações.....	20
4.8 Análise estatística	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÃO	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

O principal entrave da agricultura orgânica no Brasil tem sido a falta de cultivares adaptadas a este sistema de produção. O manejo da adubação fosfatada nesse sistema de produção é um grande desafio pelas condições de certificação que evita ou exclui o uso de fontes de fertilizantes solúveis. A constante evolução do mercado de produtos orgânicos e sua alta demanda tem sido suficientes para instigar, nas últimas décadas, esforços significativos dos meios de pesquisa a fim de selecionar cultivares adaptadas a este sistema de produção. A maior dificuldade tem sido disponibilizar cultivares que atendam o sistema orgânico e seus desafios facilitando o trabalho do produtor. Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo principal avaliar genótipos de feijoeiro comum e sua adaptação ao estresse de fósforo (P) sobre aspectos agronômicos, químicos e produtivos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campo Demonstrativo e Experimental (CADEX) da Universidade Federal de Uberlândia campus Monte Carmelo. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 2x4, envolvendo duas concentrações de fósforo (controle: 300 mg kg⁻¹ e deficiência: 150 mg kg⁻¹) e quatro genótipos de feijoeiro-comum #UFU-1, #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4, com quatro repetições. Durante a pesquisa foram avaliados altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca e volume de raízes; quantidade de flores e vagens, quantidade de ramos primários e secundários; massa de 100 grãos, número de sementes, produtividade, índice SPAD; teor de clorofila e carotenoides; teor de P no solo e o acúmulo P na folha e escurecimento do tegumento das sementes. Concluiu-se com a pesquisa que houve comportamentos distintos dos genótipos quanto as condições de P no solo, porém #UFU-3 e #UFU-4 foram os que mais se destacaram diante os parâmetros avaliados. O genótipo #UFU-4 apresentou boa produtividade, bom desenvolvimento de raízes e foi eficiente em absorver o P em condições de estresse do nutriente, sendo um genótipo promissor na busca por cultivares adaptadas. O genótipo #UFU-3 apresentou maior produtividade, maior eficiência no uso do P e retardou o escurecimento dos grãos de feijão, sendo o genótipo que apresentou as características agronômicas adequadas para ser utilizado no cultivo orgânico.

Palavras-Chave: cultivares adaptadas, deficiência nutricional, *Phaseolus vulgaris*, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O maior desafio no sistema de produção orgânico é a falta de cultivares adaptadas a este modelo de produção em função da necessidade de utilizar cultivares eficientes no uso de nutrientes no solo (LINO, 2022). Nesse modelo de produção deve-se evitar ou excluir o uso de adubos solúveis. Para a cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) a deficiência de fósforo (P) é o principal entrave para aumentar produtividade, além de ser uma das variáveis na equação da sustentabilidade.

A deficiência de P nos solos tropicais brasileiros, é um dos fatores limitantes na busca por altas produtividades em diversas culturas (BARROS, 2020). Em sua maioria fortemente intemperizados, os solos tropicais são comumente conhecidos pela acidez considerável que contribui para sua baixa fertilidade e para indisponibilidade temporária do P aplicado como fertilizante, conseqüentemente obtendo menor aproveitamento deste pelas plantas (GARCIA; MENDES, 2022).

Dentro dessa realidade, a dificuldade de se encontrar genótipos de espécies vegetais hábeis em produzir na escassez de P é um desafio constante principalmente para o cultivo orgânico, sistema que adota um modelo socioambiental, excluindo uso de moléculas químicas, presentes nos agrotóxicos, ou ainda fertilizantes sintéticos, tendo por finalidade produtos saudáveis, incrementando na qualidade de vida do homem sem degradação do meio ambiente (BATISTA et al., 2019).

O cultivo orgânico tem se mostrado promissor na busca por alimentos mais saudáveis, uma vez que envolve uma agricultura mais sustentável, cultivo de forma natural e visa o equilíbrio ecológico (SILVA, 2022). No Brasil, apesar da renda per capita relativamente baixa de seus habitantes, a busca por produtos mais saudáveis, que aumentem a qualidade de vida e que não agridam o meio ambiente é cada vez maior (NASCIMENTO et al, 2006).

O que difere produto orgânico de um convencional é o tipo de produção, pois o orgânico deve atender os padrões estabelecidos pela Lei 10.831 de dezembro de 2003, e se não estiver em conformidade é configurado como convencional (BAUER, 2018).

O feijão, que compõe a dieta de milhares de pessoas diariamente, se insere nessa realidade quando é apontado como um dos alimentos que mais se faz uso de agroquímicos e outras substâncias sintéticas comumente utilizados nas práticas de manejo (MARTINS et al.,2019). Quando cultivado sob sistema orgânico nos solos tropicais, os parâmetros de

obtenção de boas produtividades são ainda mais difíceis de serem alcançados por envolver uma série de restrições e cuidados no cultivo.

A adoção de sistemas orgânicos para a produção de feijão demanda a identificação de cultivares mais adaptadas a este modelo, em razão das grandes variações observadas no desempenho produtivo entre genótipos, em distintos sistemas de produção (FERNANDES et al., 2015). Dessa forma, a avaliação de linhagens de cultivares de feijoeiro torna-se uma necessidade imprescindível para indicação de novas cultivares adaptadas. Porém, são poucos os trabalhos científicos desenvolvidos para essa finalidade (ARAÚJO, 2013).

Os esforços atuais em melhorar geneticamente cultivares de feijão tem enfoque principal em aumentar a produtividade e conferir resistência a pragas e doenças, porém, são poucos os estudos realizados quanto à eficiência no uso do P em feijão no Brasil (DUTRA, 2016). A criação de cultivares próprias para este modelo de produção, pode aumentar a produtividade e possibilitar ao produtor orgânico estar adequado à Lei de produtos orgânicos, sem custos adicionais ao agricultor.

O produtor ainda enfrenta problemas para conseguir obter altas produtividades dentro deste sistema, especialmente em áreas com baixa fertilidade, como é o caso dos solos tropicais brasileiros, o que impede grandes avanços da cultura pelo cenário agrícola do país. Além da carência por cultivares de feijoeiro adaptadas à falta de P, existe na cadeia produtiva escassez de empresas que invistam na produção de sementes oriundas de cultivo orgânico para atender as certificadoras e finalmente aos produtores.

Conforme elucidado por Araújo et al., (2013), o feijão orgânico tende a ser uma alternativa favorável aos agricultores, reduzindo custos, ampliando lucros e reduzindo o uso de agrotóxicos, que constituem risco para a saúde e para o meio ambiente. Esse sistema de cultivo tem potencial de permitir retorno econômico ao agricultor, mesmo em pequena área de cultivo, devido ao alto valor agregado do produto obtido.

2. OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo principal avaliar genótipos de feijoeiro comum e sua adaptação ao estresse de fósforo (P) sobre aspectos agronômicos e produtivos na produção de sementes F2.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultivo de feijão no Brasil: origem e importância socioeconômica

O feijoeiro comum é considerado a principal leguminosa utilizada diretamente na alimentação dos brasileiros devido a sua constituição nutricional, com uma excelente fonte de proteínas e carboidratos, além de ser rico em ferro (JADOSKI JUNIOR, 2012). Sua capacidade nutritiva pode substituir parcialmente outros produtos proteicos para a população com menor poder aquisitivo, por possuir nutrientes essenciais que compõem a base alimentar de boa parte da população.

Dentre os maiores produtores de feijão, no ranking mundial, se destacam os dez principais países: Mianmar, Índia, Brasil, China, Tanzânia, Uganda, Estados Unidos, México, Quênia e Burundi (FAOSTAT, 2021). O Brasil, portanto, segue sendo o terceiro maior produtor do total mundial, sem grandes excedentes para exportação (COÊLHO, 2021).

O consumo de feijão no Brasil, segundo Dutra (2016), está distribuído regionalmente em cerca de 40 tipos dos mais variados, desde o feijão preto produzido e consumido majoritariamente no Sul do país, Rio de Janeiro e Sudeste de Minas Gerais, ao feijão do grupo carioca, consumidos praticamente em todo o Brasil, chegando a alcançar mais de 53% da área cultivada (EMBRAPA, 2013).

Embora muito requisitado na mesa dos brasileiros, o feijão sofreu drásticas reduções no consumo por habitante estando este atualmente na média de 12,2 kg habitante ano em 2021 (WANDER; SILVA, 2023). Neste mesmo ano, fatores como a baixa produção na safra, redução do auxílio emergencial por parte do governo federal e preços em patamares mais elevados no comércio, culminou no eventual recuo do consumo interno (SALVADOR & PEREIRA, 2021).

Para o volume da produção, esta sofreu redução de 11,4% a menos em relação à temporada passada, embora a área produtiva permanecesse a mesma, ou seja, 2,92 milhões de hectares. Essa redução se deve às dificuldades de condução da cultura, principalmente na segunda safra onde a seca prolongada e baixa temperatura teve influência direta na produção final (CONAB, 2021).

A produção na safra 20/21 atingiu 2,85 milhões de toneladas em todo o território nacional, em que o estado do Paraná obteve destaque com 534 mil toneladas, seguido de Minas Gerais com 522,6 mil toneladas e Mato Grosso com 358,7 mil toneladas (CONAB, 2021). Cabe

ressaltar que o estado do Paraná é o principal produtor de feijão preto, respondendo por 70% da produção, enquanto Minas Gerais se destaca na produção de feijão tipo cores com 29% do total nacional, seguido por Goiás e Mato Grosso (SALVADOR & PEREIRA, 2021).

O gênero *Phaseolus* teve origem nas Américas e dentre diversas espécies se destaca a amplamente cultivada *Phaseolus vulgaris*, encontrada na região centro-sul do continente com dois centros de origem primários: o Mesoamericano, com cultivares de grãos menores como os do tipo carioca, mulatinho, preto, rosinha, roxinho e vermelho, encontrado na América Central, Colômbia e Venezuela; e o Andino apresentando grãos maiores como os feijões branco, jalo e rajado, que se estende pela Argentina, Bolívia e Peru (JADOSKI JUNIOR, 2012; RODRIGUES, 2018)

No Brasil, o cultivo da leguminosa é realizado em três safras conhecidas como “safra das águas”, “safra da seca” e “safra de outono/inverno” e os plantios seguem as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As diferentes épocas de plantio tendem a favorecer a oferta de produto durante todo o ano e o ciclo curto da cultura beneficia os produtores que ajustam seu plantio em uma janela menor, dessa forma a produção de outros grãos não fica prejudicada em um mesmo ano-safra (SALVADOR & PEREIRA, 2021).

3.2 Dinâmica do fósforo nos solos tropicais brasileiros

Os solos tropicais brasileiros, com alto grau de intemperismo, são limitantes na busca por altas produtividades pois sua fertilidade é de certa forma comprometida pela presença de óxidos de ferro e alumínio da fração argila, prevalecendo níveis de acidez considerável capazes de reter ânions, como os íons fosfato, tornando o fósforo indisponível para as plantas (GARCIA; MENDES, 2022).

Esta característica está fortemente ligada a mineralogia peculiar e ambiente geoquímico formado nesse tipo de solo favorecendo maior retenção de íons em seus constituintes sólidos, ocasionando a diminuição da quantidade desse elemento em solução (MENDES et al., 2003). Solos em processo avançado de intemperismo, apresentam menor capacidade de troca de cátions, aumento da adsorção aniônica, diminuição da saturação por bases, entre outras. Dessa forma, o solo passa a ser dreno, competindo com a planta pelos nutrientes (FARIAS et al., 2009; RODRIGUES, 2013).

Dos macronutrientes o P se encontra em menor quantidade na solução do solo, tornando-se um desafio para as práticas agrícolas aumentar sua concentração em solução disponibilizando-o às plantas, uma vez que possui uma forte interação com a fração argila dos solos (MALAVOLTA, 2016). Ademais, o P tem restrita mobilidade, e a porção adsorvida geralmente é liberada de forma lenta e gradual para a fase solúvel, dificultando o processo de absorção pelas plantas, causando na atividade agrícola em solos tropicais dependência de fontes externas de reposição de fósforo (GARCIA; MENDES, 2022).

Para sanar a problemática da adsorção de fósforo pelos constituintes do solo, a alternativa empregada envolve realizar adubações elevadas do elemento, na tentativa de disponibilizá-lo às plantas com mais eficiência. Garcia e Mendes (2022) comentam ainda que fontes orgânicas ou organomineral que protejam o elemento da adsorção nesses solos poderão contribuir significativamente para minimização dos efeitos desse processo, proporcionando menores custos de produção além de contribuir para estabelecimento de uma agricultura mais sustentável, otimizando o uso dos fertilizantes, oriundos de fontes naturais não renováveis.

3.3 Agricultura orgânica

Ao longo do tempo, o cenário consumidor brasileiro sofreu mudanças significativas na busca por alimentos mais saudáveis. A demanda crescente por estes alimentos, isentos de agroquímicos de qualquer espécie, fortaleceu-se, e formas alternativas de cultivo surgiram para satisfazer a necessidade de produzi-los (BAUER, 2018).

Na agricultura moderna os alimentos são provenientes de práticas agronômicas que adotam sistematicamente o uso de agroquímicos para alavancar sua produtividade expandindo a oferta desses alimentos afim de atender a atual demanda. Contudo, esse sistema de produção tem sido questionado dado ao uso indiscriminado desses agroquímicos, comumente detectados na forma de resíduos podendo causar danos severos à saúde humana (MADAIL et al., 2011).

Desta forma, a busca constante por modelos alternativos de produção que garantam equilíbrio ecológico e sustentabilidade na agricultura vem aumentando em função da preferência do atual cenário consumidor (NEGRISOLLI, 2018). Naturalmente os produtores passam a buscar formas de se adequar as novas maneiras de produzir, visando estar dentro dos padrões estabelecidos no mercado (MADAIL et al., 2011).

A agricultura orgânica é um sistema de produção que visa a exclusão dos fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos, reguladores de crescimento e qualquer outro tipo de agroquímico. Ao contrário da agricultura convencional, em que o fornecimento de nutrientes às plantas é feito através de adubos químicos sintéticos, na agricultura orgânica o manejo inclui uso de esterco animal, rotação de culturas, adubação verde, compostagem, controle biológico de pragas e doenças, de forma não prejudicial ao meio ambiente garantindo sustentabilidade (DAROLT, 2010).

Embora os fertilizantes sintéticos ocasionem incremento superior na resposta produtiva e qualidade fisiológica das sementes, esse tipo de manejo tem gerado duras críticas a respeito do seu papel na degradação dos solos, contaminação de lençóis freáticos e até mesmo dos próprios trabalhadores (NEGRISOLLI, 2018;). No Brasil, as importações de NPK em 2022 totalizaram 1,7 milhão de toneladas em relação ao registrado no mesmo período do ano anterior, de 1,1 milhão de toneladas (REDAÇÃO, 2021). O crescimento da utilização de fertilizantes solúveis e de elevada concentração de nutrientes tendem a limitar, muitas vezes, o uso de fontes alternativas. Além disso, estes podem ainda ocasionar sérios problemas ambientais, como eutrofização das águas e liberação de gases poluentes na atmosfera (FIXEN e JONHSTON, 2012).

A agricultura orgânica, na visão de Pereira et al. (2015), tem a finalidade de reciclar resíduos orgânicos minimizando o uso de recursos não renováveis. Saliencia ainda que, a adubação orgânica é fundamental para reconstrução física, química e biológica dos solos, principalmente quando estes possuem níveis baixos de matéria orgânica. Além disso, diversas vantagens estão associadas a essa prática como melhorias na estrutura do solo, aumento de matéria orgânica, proteção da umidade, ativação microbiológica, retenção de cátions (Ca, Mg e K) e também um importante mecanismo de defesa contra-ataques de pragas e doenças.

Para tanto, podem ser usados na fertilização dos solos adubos verdes, restos de colheitas, tortas e farinhas de vegetais fermentados, resíduos industriais e agroindustriais isentos de substâncias químicas ou biológicas com potencial de agressão ao meio ambiente, compostos orgânicos bioestabilizados, fosfatos naturais, escórias, rochas minerais moídas desde que de baixa solubilidade (PEREIRA et al., 2015).

A matéria orgânica presente nos solos é o constituinte principal que dará base ao cultivo orgânico. Isso porque, os microrganismos existentes nos compostos biodegradáveis disponíveis no solo possibilitam suprimento de elementos minerais e químicos que contribuirão para pleno desenvolvimento das plantas. Para manter a fauna microbiana em níveis favoráveis no solo são necessárias condições de umidade, aeração e equilíbrio do meio, garantindo a nutrição adequada

e ambiente favorável o resultado se consolidará em plantas mais vigorosas e mais resistentes a pragas e a doenças (ORMOND et al., 2002).

Neste contexto, a agricultura orgânica de modo geral visa atender as demandas dos consumidores por produtos oriundos de processos limpos de produção, evitar contaminação e degradação do ambiente e contribuir para o engajamento das populações rurais ocasionando o desenvolvimento socioeconômico desta população, contribuindo para mudança de uma agricultura de insumos para uma de manejo, ambientalmente adequada, socialmente benéfica e economicamente viável (ARAÚJO, 2008).

3.4 Cultivo do feijoeiro em sistema de produção orgânico

O sistema de produção orgânico entra no cenário atual como alternativa para elevar a estabilidade de comercialização e agregar valor ao grão de feijão respondendo a demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis e livres de químicos, mesmo que os preços de venda desse produto sejam significativamente superiores ao feijão cultivado de forma convencional (SANTOS, 2011).

O maior desafio para estabelecimento do cultivo tanto de forma orgânica quanto convencional incluem manejo sustentável dos solos e sua fertilidade, principalmente quanto a má distribuição dos nutrientes no perfil, culminando em desequilíbrio acentuado no solo (PEREIRA et al., 2015). A adoção de técnicas de cultivo que possibilitem melhorar o manejo da cultura do feijão, em sistema orgânico, em condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, é de suma importância para o aumento da produtividade e qualidade de grãos.

Segundo dados da FAO (2022), a agricultura familiar é responsável por 23% do lucro bruto da agropecuária brasileira, movimentando cerca de 90% da economia de seus municípios e resulta em 10 milhões de empregos na área. Atualmente, do total de estabelecimentos agropecuários do país (77%), 23% foram classificados como de agricultura familiar ocupando uma área de 80,89 milhões de hectares, correspondente a 23% da área total (NITAHARA, 2019).

O diferencial dessa modalidade de agricultura para as demais é que, a gestão da propriedade é familiar, assim como a divisão de lucros tornando se a principal atividade geradora de renda, além do que seu local de trabalho é sua moradia (LIMA; SILVA; IWATA, 2019).

Lima; Silva; Iwata (2019) afirmam ainda que a agricultura familiar se torna importante na promoção de segurança alimentar através da conservação da biodiversidade e preservação das tradições culturais, além de mitigar a pobreza familiar.

Atualmente, o feijão orgânico cultivado em território nacional está em sua totalidade nas mãos de pequenos agricultores familiares que veem no modelo a valorização de seu produto e seus serviços, atendendo a atual demanda de seus consumidores que visam muito mais o processo produtivo do que seu produto. Além disso, essa cultura demonstra sua importância e é atrativa aos agricultores familiares por se adequar a seu nível de manejo e pode ser cultivado de forma solteira ou consorciada, além de favorecer a sucessão de outros cultivos ao longo do ano (SILVEIRA, 2015).

Diante do exposto, é compreensível o interesse dos agricultores na produção de feijão em sistema orgânico uma vez que proporciona vantagens valiosas. É fundamental, portanto, avaliar o comportamento das variedades de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) disponíveis no mercado também para os sistemas orgânicos, pois podem contribuir para definição adequada de sistemas de produção e selecionar técnicas apropriadas para obtenção de resultados satisfatórios (ARAÚJO, 2008).

3.5 Melhoramento de cultivares de feijão-comum: desafios e perspectivas

Um problema enfrentado para a produção orgânica refere-se à falta de disponibilidade de sementes orgânicas no comércio formal. O crescimento do setor de orgânicos no último ano e as diversas iniciativas para dinamizar o setor aponta para o desafio na produção de sementes orgânicas. O sistema orgânico envolve grandes mudanças com relação aos atuais sistemas agroindustriais de produção de sementes, não tendo sido alvo de interesse de grandes empresas (NASCIMENTO, 2012).

Dessa forma, para que o Brasil consiga atender o mercado de produtos orgânicos é necessário que a produção de sementes orgânicas cresça na mesma medida, caso contrário a certificação desses produtos será inviabilizada. De acordo com Badejo et al. (2021), o mercado mundial de orgânicos cresce em 10% de forma anual, sendo a Austrália, a Europa e a América Latina os maiores produtores. Já no Brasil, 21% dos consumidores entrevistados disseram que prefeririam consumir produtos mais saudáveis e que causassem menos impacto ao meio ambiente, caso os alimentos orgânicos fossem oferecidos a um preço mais acessível.

Atualmente, no processo de certificação, os produtores precisam comprovar que as sementes utilizadas não foram tratadas com defensivos sintéticos e não são transgênicas. No entanto, existe uma grande dificuldade de encontrar sementes não tratadas no mercado. Portanto, a decisão fica a critério da empresa certificadora de enquadrar ou não o produtor como orgânico (BRASIL, 2013).

Com a implementação da lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, regulamentada pela resolução nº 38 do conselho deliberativo do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), espera-se a expansão do sistema orgânico de produção em todos os municípios brasileiros, haja visto que a lei determina que, no mínimo, 30 % dos recursos do FNDE repassados no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar, sejam aplicados na compra direta de agricultores familiares e que se deem preferência aos alimentos orgânicos e/ou agroecológicos (FNDE, 2023).

O incremento da produtividade da cultura do feijão pode ser obtido através da melhoria da constituição genética ou das práticas culturais, que incluem adequado nível de fertilidade, preparo do solo, populações de plantas por hectare e um controle eficiente das plantas daninhas, das doenças e dos insetos. As doenças e pragas são os fatores mais importantes associados com a baixa produtividade do feijoeiro comum no Brasil, as quais na maior parte das vezes ocorrem associadas e variam de acordo com a região, a estação, o ano e a cultivar (RIBEIRO, et al. 2011).

Portanto, torna-se necessário desenvolver um material genético que consiga satisfazer as problemáticas expostas, sendo que ele deverá apresentar alto rendimento, ser, preferencialmente, tolerante ao ataque de pragas e patógenos, assim como estar livre do uso de produtos químicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do estudo e condições de crescimento

A pesquisa foi realizada no Campo Demonstrativo e Experimental da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo (18°43'36.56"S, 47°31'29.46"O) na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais (altitude 903 m). A casa de vegetação usada na pesquisa apresenta estrutura de aço galvanizado, coberta por uma camada de plástico filme de polietileno

de baixa densidade, e as laterais revestidas de tela antiafídeo. Possui 21 metros de comprimento, 7 metros de largura e pé direito de 5,5 metros, e está direcionada para a orientação Noroeste-Sudoeste.

A semeadura foi realizada em 29 de agosto de 2022 e a colheita no mês de novembro do mesmo ano. A temperatura foi monitorada durante o ciclo da planta sendo os dados coletados todos os dias, na parte da manhã, sendo anotada a temperatura e a umidade no momento da coleta, além da máxima e mínima do dia (Figura 1).

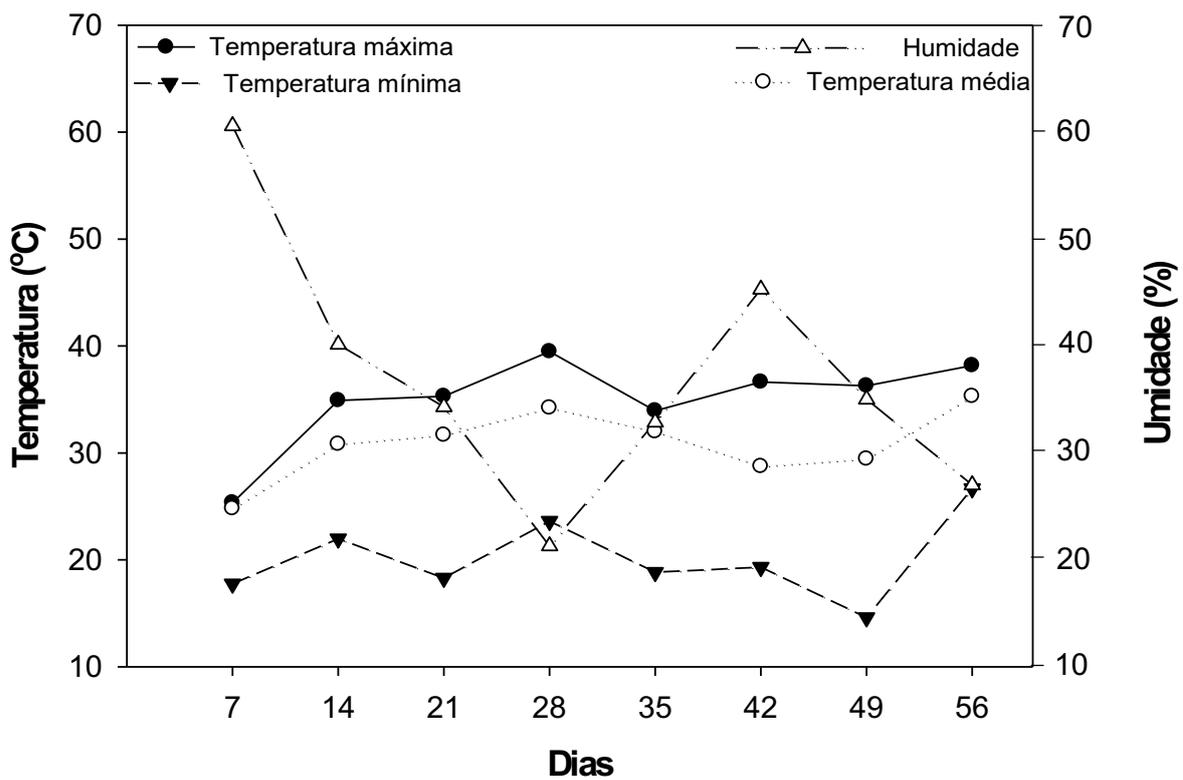


Figura 1. Temperatura máxima, média, mínima e umidade relativa do ar registradas na casa de vegetação durante o período de condução do experimento.

A irrigação foi conduzida de forma manual utilizando um copo milimetrado fornecendo água de forma padronizada nas parcelas, sendo ajustada periodicamente conforme a demanda das plantas em seus diferentes estádios fenológicos.

4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um fatorial 2 x 4 com quatro repetições. No primeiro fator foi utilizado dois níveis de concentração de P (P-estresse e P-controle), em que P-controle na dose de 300 miligramas do nutriente por quilograma de solo e P-estresse 150 mg kg. Para o segundo fator foram utilizados 4 genótipos distintos de feijão-comum do tipo Carioca (#UFU-1, #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4). Foram utilizados vasos de plástico contendo 10 dm³ de solo para a condução das plantas. Em cada vaso, considerado uma parcela, foram conduzidas três plantas ao todo. As aplicações dos diferentes tipos de adubo foram baseadas nas recomendações de Novais et al., (1991) e adaptadas por Marques et al., (2021) para a cultura do feijão.

4.3 Germoplasma

O germoplasma utilizado neste trabalho foi obtido através da coleta de sementes de feijão do tipo “Carioca” em comunidades rurais e feiras livres da região. Previamente, foi realizado um ensaio agrônômico com o objetivo de identificar os acessos que apresentaram bom desempenho agrônômico em relação à testemunha comercial da região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, em Minas Gerais. Posteriormente foi possível submeter estes genótipos às hibridações com o objetivo principal de criar variabilidade genética.

4.4 Preparo do solo

O solo utilizado na pesquisa foi um Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura argilosa, coletado em mata nativa (18° 43'48.3” S, 47° 30'16.6” W). Foi realizada uma amostragem a uma profundidade de 0 – 20 cm, a qual foi posteriormente seca ao ar, peneirada e homogeneizada para a determinação das características físicas e químicas.

Para a realização dos cálculos da correção da acidez foram utilizadas as recomendações de Ribeiro et al., (1999), visando neutralizar o Al^{3+} e aumentar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Foi utilizado calcário dolomítico ($CaCO_3 + MgCO_3$) com poder de neutralização total de 92,5%.

4.5 Manejo da adubação

Após o peneiramento e homogeneização do solo, foi incorporado calcário nos mesmos com base em suas respectivas análises laboratoriais, submetendo-os à sacos plásticos e adicionando 1,5 L de água em cada vaso, e vedando-os, com a finalidade de acelerar o processo de incubação, permanecendo fechados em torno de 20 dias. A Tabela 1 apresenta a quantidade e os fertilizantes usados na fertilização do solo.

Tabela 1. Nutrientes, quantidades recomendadas e fontes utilizadas na fertilização deste estudo.

Nutriente	Concentração (mg kg)	Fontes
N	300	CH_4N_2O
K	200	KCl
S	40	K_2SO_4
Mg	46	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Mn	3,0	$MnSO_4$
Cu	7,5	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Mo	0,5	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4 H_2O$
Zn	2,5	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

Posteriormente, de acordo com os dados obtidos na análise, foi realizado o cálculo de adubação de macro e micronutrientes seguindo as recomendações para vaso. Sendo alvo da presente pesquisa, a fonte de adubo mineral comercial usada para fornecer P foi o superfosfato simples, com os seguintes teores de nutrientes: P_2O_5 18%, S 10% e Ca 18%.

Da mesma forma, foram realizadas as devidas adubações de cobertura, fornecedoras de N e K, nas épocas recomendadas, aplicadas de forma distribuída diretamente nos vasos por meio de diluição em um litro de água destilada seguindo as recomendações de Marques et al., 2021.

4.6 Análise química do solo

Foi realizada também análise do solo do experimento uma vez que o ciclo das plantas foi concluído. As amostras foram retiradas dos vasos com auxílio de um trado na profundidade de 0 a 20 cm de forma individual e depois separadas por seus respectivos tratamentos (P estresse e P controle) e enviadas ao laboratório (Tabela 2). Foi solicitado análises completas de P nos solos após a finalização do experimento para quantificação do elemento.

Tabela 2. Análise do solo antes da semeadura (1) e ao final do experimento dos tratamentos P estresse (2) e P controle (3).

ANÁLISE QUÍMICA				
Elementos	Unidade	(1)	(2)	(3)
pH (H ₂ O)	1;2,5	5,40	6,40	6,60
pH (CaCl ₂)	1;2,5	4,80	5,70	5,80
P meh.	mg dm ⁻³	0,90	18,00	47,50
P rem.	mg dm ⁻³	6,50	9,60	9,70
P residual	mg dm ⁻³	12,00	-	-
P total	mg dm ⁻³	253,00	1603,00	1666,00
K ⁺	mg dm ⁻³	97,00	93,00	79,00
S-SO ₄ ²	mg dm ⁻³	9,00	-	-
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,25	0,24	0,20
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,25	2,88	2,82
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,75	0,63	0,43
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,09	0,00	0,00
H+Al	cmol _c dm ⁻³	3,00	1,90	2,90
SB	cmol _c dm ⁻³	2,25	3,75	3,46
T	cmol _c dm ⁻³	2,34	5,65	3,46
T	cmol _c dm ⁻³	5,25	3,75	6,36
V	%	43,00	66,00	54,00
M	%	4,00	0,00	0,00

O P disponível das amostras foi extraído pelos métodos: Mehlich-1, utilizando amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) (MP); Mehlich-1, utilizando amostras de solo moídas em almofariz até passarem totalmente em peneira de 0,25 mm de abertura (MM); resina em esfera (diâmetro = 0,25 mm), utilizando TFSA (REP); resina em esfera em saquinho de tela de

poliéster, utilizando TFSA (RESP); resina em esfera em saquinho de tela de poliéster, utilizando solo moído (RESM); resina em lâmina, utilizando TFSA (RLP); resina em lâmina, utilizando amostras de solo moído (RLM); resina em lâmina, utilizando TFSA, moída pela agitação com bolas de vidro em 25 mL de água por 15 min (RLB). Para os métodos de extração com resina em esferas ou lâmina, agitou-se a resina com 2,5 cm³ de solo na presença de 25 mL de água destilada por 2 h, a 150 rpm.

4.7 Avaliações

4.7.1 Análise foliar

Foram coletadas folhas diagnósticas no terço médio das plantas, do terceiro trifólio a partir do ápice da planta, na haste principal durante o período reprodutivo (R1) para posterior análise química de tecido vegetal para quantificação de P.

4.7.2 Volume de Raiz

Após finalizado a colheita das vagens e retirada as plantas dos vasos, a irrigação foi interrompida, secando gradualmente o solo para posterior retirada do sistema radicular. Com o auxílio de mangueira, peneiras, e outros instrumentos necessários o solo foi lavado para expor o sistema radicular como um todo. Para análise volumétrica de raiz, as raízes foram estendidas em uma bancada por um período de 24 horas e logo depois o volume foi calculado utilizando uma proveta graduada (1000 ml), sendo esta preenchida com uma solução composta de 70% de álcool e 30% de água até a metade da capacidade (500 ml), onde as raízes serão imersas, sendo o volume determinado pelo deslocamento da solução, medido em mililitros (mL) (Marques et al., 2010).

4.7.3 Massa Seca Raiz

As raízes então foram levadas a estufa secadora onde permaneceram por um período de três dias a uma temperatura de 75°C, com ventilação forçada obtendo finalmente os dados de massa seca de raiz, expresso em gramas.

4.7.4 Altura de Plantas

Foi realizada uma série de análises agronômicas durante todo o ciclo da planta, sendo avaliada a altura (cm) com base no colo da planta até o ápice do caule principal, assim como a inserção da primeira vagem (cm), ambas utilizando uma fita métrica para auxiliar nas medições. As avaliações foram conduzidas quando as plantas já estavam no final do período reprodutivo.

4.7.5 Flores

Foram coletados dados referentes ao número de dias para a atingir o florescimento (R1) e durante este período foi realizada a contagem das flores semanalmente e o número de dias necessários para atingir o amadurecimento das vagens (R9).

4.7.6 Vagens

Após a colheita, o material foi levado ao Laboratório de Fitotecnia (LAFIT), onde foi possível observar aspectos de coloração das vagens e realizar a coleta de dados referentes a largura e comprimento assim como o número de sementes por vagem. Por último, foi realizado a abertura das mesmas, contabilizando o número de sementes e pesando a matéria seca das vagens de cada tratamento (IPGRI, 2001).

4.7.7 Ramos Primários e Secundários

Posteriormente foi realizada a contagem do número de caules da planta, seus ramos primários e secundários ao final do ciclo da planta, como um componente importante da produtividade.

4.7.8 Sementes

Após a contagem do total de sementes, foi feita a pesagem da massa de 100 grãos de cada parcela, e foi possível ainda observar detalhadamente características referentes à coloração, tipo de listras, grau de achatamento, dentre outros, buscando categorizar genótipos de feijão que tivessem o padrão buscado comercialmente: grãos de coloração creme-clara, listras marrom, sem halo, tamanho médio e ligeiramente arredondados.

4.7.9 Produtividade

A produtividade foi mensurada com base no número total de vagens por planta e no número de sementes por vagem sendo calculadas as médias em g planta^{-1} .

4.7.10 SPAD

Para a realização do teste de SPAD utilizou-se o clorofilômetro portátil SPAD-502, sendo realizada uma leitura em cada planta, sendo feita as médias dos valores obtidos das leituras para obtenção dos resultados.

4.7.11 Clorofila e Carotenoides

Para a realização do índice de clorofila foi coletado em R1 o folíolo central do trifólio de cada um dos tratamentos e conduzidos para o Laboratório de Análise de Sementes e Recursos Genéticos (LAGEN), onde foram processadas, pesadas em amostras de 0,5 gramas, submersas em uma solução de éter e acetona na proporção 1:1 e armazenadas em ambiente escuro e refrigerado por 48 horas. Após este período foi feita a leitura através de um Espectrofotômetro modelo UV - 190, nos seguintes comprimentos de onda: 645, 652, 663 e 470 nm, sendo comparadas 2 amostras de cada tratamento e uma amostra contrastante contendo apenas éter (branco). Ao final, os valores de absorvância foram calculados conforme especificações descritas por Francis (1982) e Cassetari (2015).

4.7.12 Escurecimento das sementes

Para avaliação do escurecimento, as sementes foram dispostas em bancada e cobertas com plástico transparente, em condições de temperatura ambiente. A avaliação foi realizada aos 30 e 60 dias após a colheita, sendo atribuídas notas referentes ao grau de escurecimento, proposta por Silva et al., (2008), em escala de 1 a 5 onde, 1 (grãos claros) e 5 (grãos muito escuros).

4.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, de acordo com o proposto por Steel et al. (2006). Além disso os desvios padrões foram calculados e aplicados com os estimadores de regressão e de correlação, quando pertinentes, (Pearson e Spearman) usando o software SAS (SAS INSTITUTE, 1996).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores de P no solo (Figura 2A) os genótipos #UFU-2 (5%) e #UFU-4 (4%) foram superiores sob condições de P-estresse. Para o P-controle o genótipo #UFU-2 (15%) se destacou quanto ao teor do P no solo. Já para o acúmulo de P (Figura 2B) para o P-estresse o genótipo #UFU-4 (15%) foi superior quando comparado os demais genótipos enquanto em P-controle #UFU-3 (30%) obteve superioridade em relação aos outros genótipos. Os resultados diferiram dos encontrados por Resende (2023) que, avaliando a influência de diferentes doses de fósforo organomineral sobre a produtividade do feijão rajado, não encontrou diferenças significativas para o teor acumulado do nutriente na folha, estes variando de 2,40 a 2,80 g kg⁻¹. Entretanto em concordância com os resultados do presente trabalho, Araújo et al., (2018) também observou diferenças significativas para a mesma característica conforme doses crescentes de P no solo, obtendo com adubação fosfatada concentração de P na folha do feijoeiro de 2,90 g kg⁻¹, na dose 120 kg ha⁻¹. Os autores justificam ainda que maiores teores de fósforo disponível no solo tendem a maiores concentrações deste elemento no mesmo, causando aumento gradativo no teor de P na parte aérea e, portanto, incorporação do elemento na biomassa do feijoeiro.

De modo geral, os dados de P no solo e acúmulo na folha mostram o quão eficiente as plantas foram em absorver o nutriente. Na condição de estresse, em que os teores de P no solo já eram baixos #UFU-4 se destacou, pois, no acúmulo na folha foram encontrados teores elevados de P, provando que mesmo sob condições adversas o genótipo conseguiu ser eficiente em encontrar o nutriente. Esta condição pode ter ligação direta com o desenvolvimento radicular uma vez que este genótipo foi o que teve maiores valores de massa seca de raiz e volume de raiz, podendo supor que o sistema radicular mais desenvolvido contribuiu para a maior exploração de solo em busca do nutriente limitante. O contrário foi observado quando comparamos os teores de P no solo e na folha do genótipo #UFU-2 na condição P controle. Observa-se que embora os teores de P disponíveis foram elevados (47,5 g kg vaso⁻¹) o genótipo não foi eficiente no acúmulo do nutriente na folha (20 g kg planta⁻¹) sendo este o genótipo de maior inferioridade comparando com os demais.

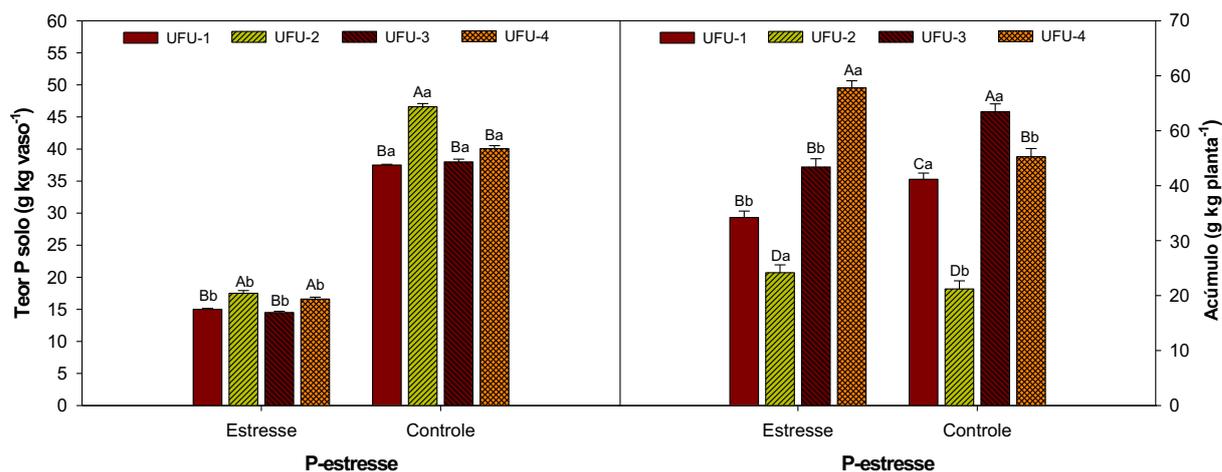


Figura 2. Teor de P no solo (A) e acúmulo na folha (B) sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Para a massa seca (Figura 3A) e volume da raiz (Figura 3B) o genótipo #UFU-4 foi superior em ambos os tratamentos de P-estresse e P-controle. Observou-se ainda que houve diferenças significativas deste genótipo nas diferentes condições de P ao qual foi submetido, apresentando maiores valores em P-estresse. Para massa seca de raiz, #UFU-4 foi 42,86% superior em relação aos outros genótipos, seguido de #UFU-2 (33,3%) para o tratamento P-estresse, havendo diferenças significativas entre ambos. Já para P-controle #UFU-4 (25%) e #UFU-1 (11%) obtiveram melhores resultados respectivamente, sob influência do tratamento, havendo também diferenças significativas entre eles. Em relação ao volume da raiz, #UFU-4 foi 63% superior, seguido de #UFU-2 (47,61%), em relação aos demais genótipos, havendo diferenças significativas entre eles no P-estresse. Quando analisados os dados referentes ao P-controle, #UFU-4 segue sendo superior (50%), seguido de #UFU-1 (35%) havendo também diferenças significativas entre os dois genótipos.

Resultados similares para os componentes de desenvolvimento radicular foram encontrados por Silva (2015) que constatou em seu trabalho que sob doses reduzidas de fósforo, houve para os genótipos avaliados, maior desenvolvimento das raízes de feijoeiro. A busca por recursos pouco disponíveis no solo, ocorre assim como a competição por luz na parte aérea das plantas. Em se tratando do P, devido sua restrita mobilidade no perfil do solo, a aquisição deste pelas plantas exige uma maior exploração radicular (MOREIRA, 2004). Como consequência o

desenvolvimento radicular acentuado é esperado uma vez que em solos deficientes do nutriente, a busca por ele é maior, promovendo incrementos positivos para esta variável. Silva e Delatorre (2009) justificam que, plantas sob deficiência de P tendem a aumentar a densidade de raízes laterais, em razão da necessidade de exploração de maiores volumes de solo, chegando a obterem valores similares ao alcançado pela raiz primária quando há bons teores de P presentes nos solos. Vale ressaltar ainda que o desenvolvimento radicular é uma característica de importância para definir plantas tolerantes à deficiência de P, podendo além do mais ser conseguida devido ao aumento na eficiência de absorção de P relativo a área de superfície de contato da raiz (WISSUWA, 2003).

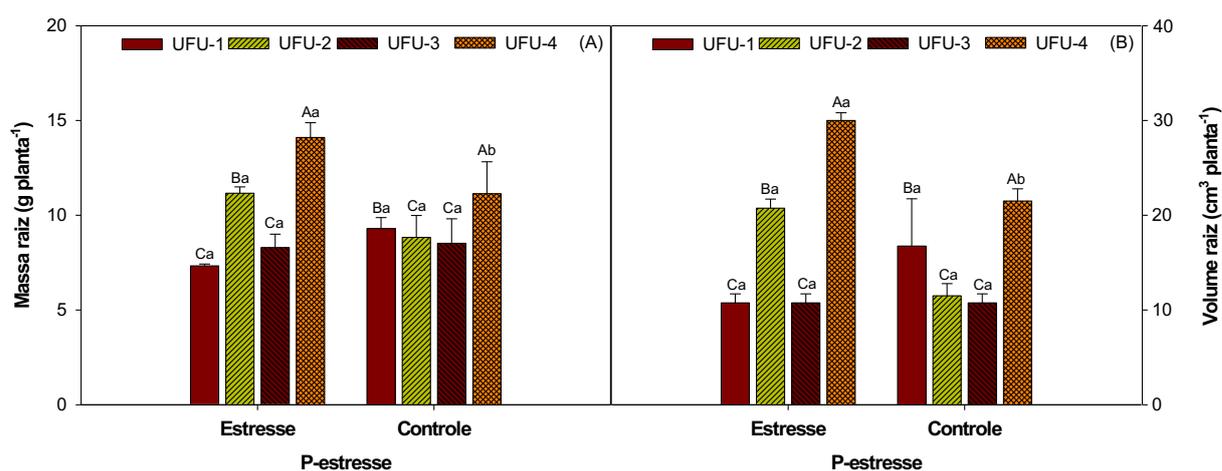


Figura 3. Massa seca raiz (A) e volume da raiz (B) sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

A Figura 4 apresenta as plantas de feijoeiro durante a fase vegetativa em função das cultivares e P-estresse.



Figura 4. Plantas em P-controle #UFU-1 (A), #UFU-2 (B), #UFU-3 (C) e #UFU-4 (D) e P-estresse #UFU-1 (E), #UFU-2 (F), #UFU-3 (G) e #UFU-4 (H).

Para altura das plantas de feijoeiro (Figura 5A) os genótipos #UFU-3 (21%) e #UFU-4 (20%) foram superiores sob condições de P-estresse. Para P-controle #UFU-4 (33%), #UFU-3 (29%) e #UFU-2 (20%) se destacaram em superioridade. Quando comparados genótipos em diferentes níveis de P, apenas #UFU-2 obteve incremento significativo sob influência do tratamento controle. Foi observado superioridade desta variável quando comparado com os resultados de Almeida (2022), que obteve incremento em altura das plantas de feijoeiro (22,37 cm) quando submetidas a doses maiores de P_2O_5 (160 kg ha⁻¹). Silva e Mota (2021) também relataram comportamento semelhante uma vez que o porte das plantas de feijão obteve crescimento de forma linear conforme aumento das doses de P_2O_5 sendo a dose de 150 kg ha⁻¹ a que promoveu maior incremento para a característica em questão. Esta condição pode ser explicada pois o P nas plantas está intimamente ligado a geração de energia (ATP) desempenhando um papel essencial na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É, portanto, passível de se acreditar que o crescimento é resultado de intensas divisões celulares condicionadas pelo aumento da quantidade de ATP nos centros de crescimento, quando aplicadas fontes de P no solo (ZAFAR et al., 2011).

Para altura da inserção da primeira vagem em P-estresse #UFU-3 foi 46% superior, em comparação com os outros genótipos. Já para o P-controle os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 foram superiores em torno de 25% quando comparados ao #UFU-1 (Figura 5B).

Observou-se ainda que, exceto para #UFU-3, houve diferenças significativas comparando o mesmo genótipo em tratamentos distintos. Fidelis et al., (2017), verificaram que as plantas de feijão comum cultivadas com dose alta de fósforo no solo (200 mg kg^{-1}) apresentaram valores entre 16,40 e 20,90 cm para a característica em questão, superando os valores na dose média (50 mg kg^{-1}) que foram 14,22 e 18,95 cm. Oliveira et al., (2012), obtiveram nos genótipos de feijão avaliados médias que variaram entre 17 e 13 cm na presença de doses recomendadas de P_2O_5 . Embora os valores apresentados neste trabalho tenham sido inferiores aos encontrados pelos autores, os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 se sobressaíram quando colocados em melhores condições de P no solo se enquadrando, desta forma, dentro das recomendações de Carvalho et al., (2010) onde afirmam que a altura de inserção da primeira vagem não deve ser inferior a 10 cm, uma vez que nesta condição perdas provenientes da colheita mecanizada passam a ser significativas.

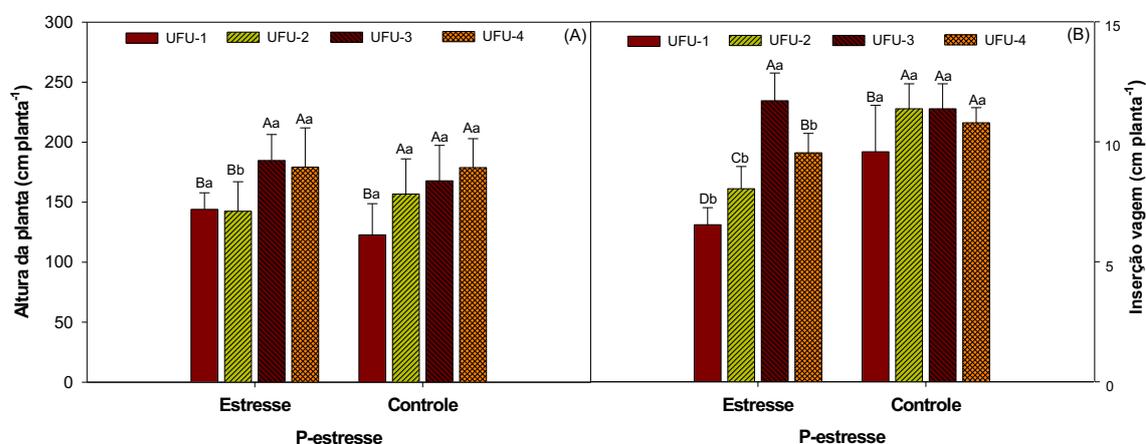


Figura 5. Altura de plantas (A) e altura da inserção da primeira vagem (B) sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

A seguir foram registradas as imagens dos diferentes formatos de folha em função dos genótipos e P-estresse na fase vegetativa (Figura 6).

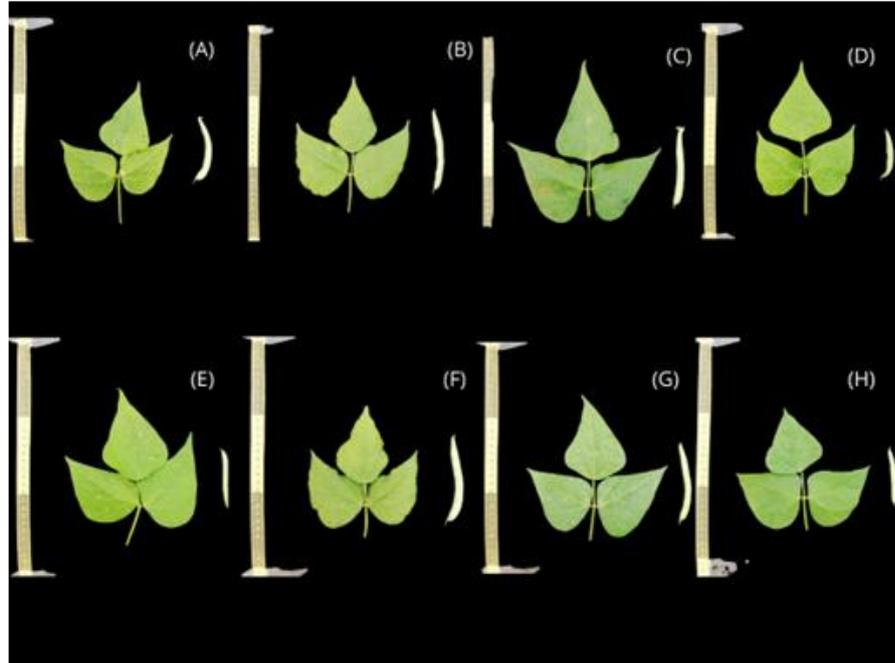


Figura 6. Folha e vagens dos diferentes genótipos de feijoeiro. #UFU-1 (A), #UFU-2 (B), #UFU-3 (C) e #UFU-4 (D) P controle e #UFU-1 (E), #UFU-2 (F), #UFU-3 (G) e #UFU-4 (H) P estresse.

A Figura 7 apresenta os diferentes formatos de flor em função dos genótipos e P-estresse.

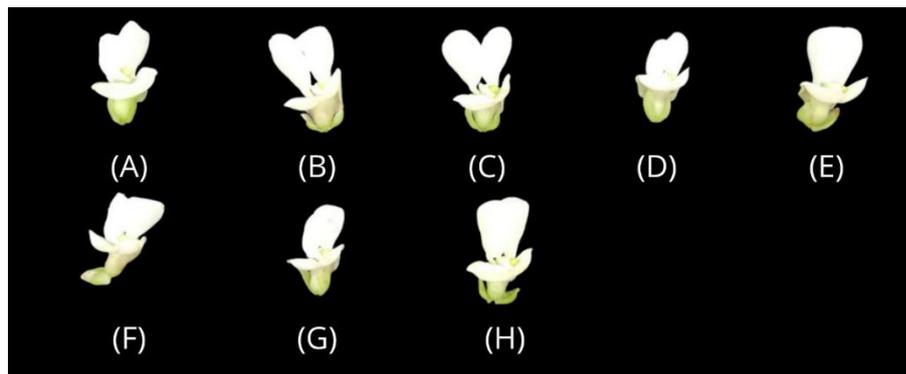


Figura 7. Flores dos genótipos de feijoeiro durante no período reprodutivo. #UFU-1 (A), #UFU-2 (B), #UFU-3 (C) e #UFU-4 (D) P-controle e #UFU-1 (E), #UFU-2 (F), #UFU-3 (G) e #UFU-4 (H) P-estresse.

Foram contabilizados durante o período reprodutivo a quantidade de flores e constatou-se que para a produção de flor do feijoeiro, o genótipo #UFU-2 foi superior tanto no P-estresse quanto no P-controle em relação aos genótipos usados na pesquisa (Figura 8A). Para o P-estresse #UFU-2 foi (47%) superior, seguido de #UFU-3 (35%) havendo diferenças significativas entre eles. Em P-controle, #UFU-2 seguiu sendo superior (33%) em relação aos

demais genótipos. Para o número de vagens contabilizadas no final do período reprodutivo (Figura 8B) observou-se que com P-controle os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 apresentaram melhor desempenho, sendo significativamente superior em relação ao P-estresse. Analisando P-estresse, #UFU-4 (14,28%) obteve a maior porcentagem na quantidade de vagens no final do ciclo, porém não apresentou diferenças significativas em relação aos demais genótipos, exceto #UFU-1. No P-controle #UFU-3 (23,52%), #UFU-4 (18,75%) e #UFU-2 (13,33%), obtiveram os melhores resultados apesar de não haver diferenças significativas entre eles. As disparidades de valores entre os dois componentes de rendimento no final do experimento também foram relatadas por Siqueira (2023), que avaliou em seu trabalho diferentes genótipos de feijoeiro para seleção de genitores nos sistemas orgânico e convencional. O autor explica que esta condição pode ser ocasionada pelas variações de temperatura registradas ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, o que condiz com as médias de temperatura registradas neste experimento (em torno de 33 °C), sendo este um dos principais fatores que afetam o rendimento do feijoeiro, uma vez que estudos comprovaram que temperaturas elevadas (>30 °C) afetam negativamente o pegamento das flores (PEREIRA et al., 2014; SUARÉZ et al., 2021; SIQUEIRA, 2023) ocasionando altas taxas de aborto floral além de comprometer o desenvolvimento inicial das vagens.

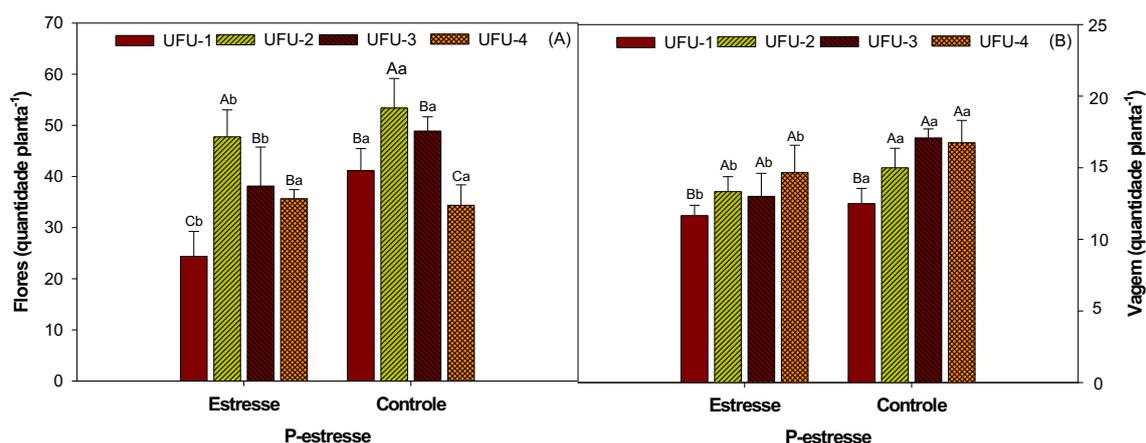


Figura 8. Quantidade de flor (A) e quantidade de vagem (B) sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Para a quantidade de ramo primário (Figura 9A) no P-estresse o genótipo #UFU-2 foi 25% superior havendo diferenças significativas em comparação com os demais genótipos. Já

para o P-controle o genótipo #UFU-1 obteve 11,76% de superioridade em relação aos demais genótipos. Na interação genótipos sob diferentes níveis de estresse de P (P-estresse e P-controle) não houve diferenças significativas exceto em #UFU-3 que apresentou valores superiores sob influência do P-controle. Na variável quantidade de ramos secundários (Figura 9B) o genótipo #UFU-1 manteve superioridade em ambos os tratamentos sendo 22,72% em P-estresse e 28,57 % em P-controle. Na interação de genótipos sob diferentes níveis de P não houve diferenças significativas exceto em #UFU-3 que obteve melhor desempenho no tratamento controle.

De maneira geral, para ramos primários e secundários observou-se que #UFU-3 foi o genótipo que melhor respondeu a adubação fosfatada dos tratamentos apresentando diferenças significativas e melhor desenvolvimento sob influência do tratamento com maiores doses de P. Vieira et al., (2021) avaliando a resposta de cultivares de feijão a adubação fosfatada com MAP não observaram diferenças significativas que incrementassem a produção de ramos, embora tenha influenciado na produtividade final. Moura et al., (2013) afirmam que, muito embora fatores como altura, inserção da primeira vagem, número de nós e entrenós e de ramos primários e secundários sejam determinados geneticamente, o ambiente contribui de forma direta na expressão final dessas características, assim como a concentração de nutrientes disponíveis para as plantas.

Para a massa de 100 grãos (Figura 9C) os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 foram superiores tanto no P-estresse quanto no P-controle. Para o tratamento P-estresse as porcentagens atribuídas para #UFU-4, #UFU-3 e #UFU-2 foram 20,68%; 14,81% e 11,53% respectivamente. Já para o tratamento P-controle #UFU-4, #UFU-2 e #UFU-3 foram 14,28%; 11,11% e 7,69% respectivamente. Os resultados para massa de 100 grãos obtidos nessa pesquisa foram superiores aos encontrados por Anjos et al., (2021), que observaram para a mesma característica, média em torno de 21 g na dose alta de fósforo promovendo um incremento de 24,94% de grãos em relação a menor dose. O autor explica que no geral, doses altas de fósforo pouco influenciam nesta característica, embora em solos com teores baixos de P adubações fosfatadas com doses mais elevadas ajudem no enchimento de grãos. A afirmação corrobora com o observado no presente experimento pois, não houve diferenças significativas dos genótipos #UFU-2 #UFU-3 e #UFU-4 quando estes foram posicionados em diferentes níveis de P (P-estresse e P-controle) sendo os valores em gramas bastante similares entre si. Viana et al., (2011) também não observaram efeito das doses de N e P na massa de 100 grãos de feijão encontrando para esta característica valores oscilando entre 19 e 20 g.

Já para a produtividade de grãos do feijoeiro (Figura 9D) os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 também foram superiores no P-estresse e P-controle. Em P-estresse as porcentagens atribuídas a #UFU-3, #UFU-4 e #UFU-2 respectivamente foram 20%; 13,72% e 12%. Observou-se ainda que #UFU-3 foi significativamente superior aos demais genótipos avaliados neste trabalho. Segundo Zucareli et al., (2011) maiores produtividades observadas na ausência de adubação fosfatada evidência, que além de responsivo, esse cultivar é altamente eficiente no uso do P, demonstrando potencial para uso em áreas deficientes do nutriente. Os autores também verificaram na ausência de adubação fosfatada, em solo com baixo teor de P (6 mg dm⁻³), alta produtividade para o cultivar Carioca Precoce, que foi de aproximadamente 2.000 kg ha⁻¹, acima da média nacional de feijão cultivado no período das águas (938 kg ha⁻¹). No tratamento P-controle #UFU-4 (27,86%), #UFU-3 (26,66%) e #UFU-2 (22,80%) obtiveram os melhores resultados respectivamente. Através das análises foi possível verificar que #UFU-3 e #UFU-4 foram significativamente superior #UFU-1 e #UFU-2. Na interação de genótipos submetidos a diferentes níveis de P #UFU-2 e #UFU-3 foram estatisticamente superiores aos demais genótipos na presença do tratamento P-controle.

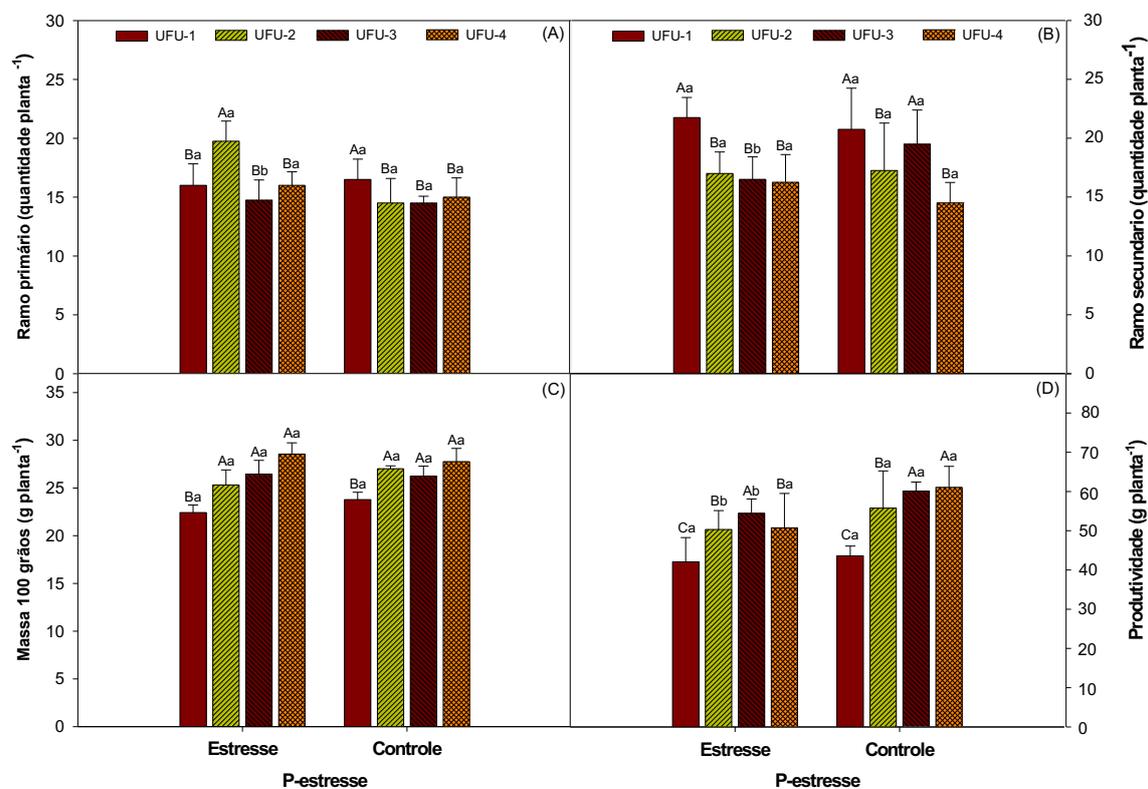


Figura 9. Ramo primário (A), ramo secundário (B), massa 100 grãos (C) e produtividade (D) sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo,

indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Para o Índice SPAD na folha do feijoeiro (Figura 10) no P-estresse o genótipo #UFU-3 foi 23,52% superior seguido de #UFU-4 (22%) sendo ambos estatisticamente similares e ao mesmo tempo superiores aos genótipos #UFU-1 e #UFU-2. Para o tratamento P-controle #UFU-3 foi significativamente superior (12,50%) aos demais genótipos. Na comparação entre os fatores genótipos e diferentes tratamentos com P houve diferença significativa apenas em #UFU-2 e #UFU-4 com melhores desempenhos no tratamento controle. As avaliações de teores de clorofila das plantas é ferramenta essencial na agricultura uma vez que através dela é possível identificar deficiências nutricionais, avaliar a absorção de nutrientes nitrogenados e prever o rendimento final. É importante também para a identificação de genótipos superiores em produtividade e avaliar sua adaptabilidade sob as condições de cultivo (SIQUEIRA, 2023). Segundo Torres Netto et al., (2005) é possível, através da determinação indireta do teor de clorofila, diagnosticar a funcionalidade do aparelho fotossintético quando as plantas estão sujeitas a condições adversas do ambiente. De maneira geral, observou-se maiores leituras SPAD na condição de estresse de P para os genótipos #UFU-3 e #UFU-4, confrontando com os resultados obtidos por Silva (2015), que observou na dose restritiva de P (45 kg ha^{-1}) valores que variaram de 35,05 a 18,81 unidades SPAD. Porém, no trabalho de Oliveira et al., (2012) observou-se aumento do Índice Relativo de Clorofila conforme houve diminuição das doses de P, indo de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa.

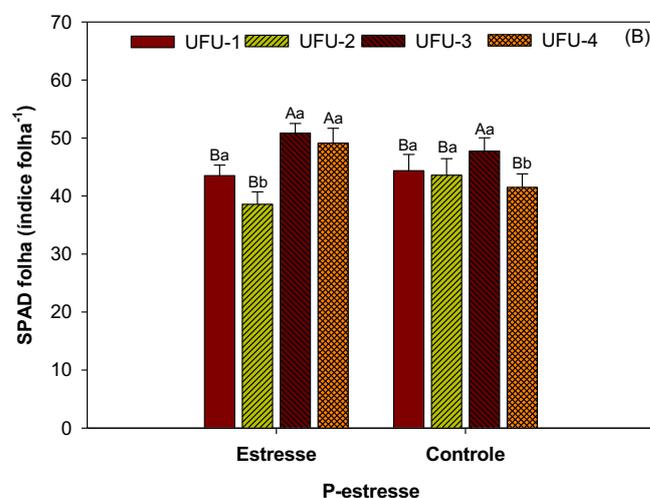


Figura 10. Índice SPAD na folha do feijoeiro comum sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam

níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Para o teor de clorofila *a* na folha do feijoeiro (Figura 11A) em função do tratamento com estresse de P o genótipo #UFU-1 foi 50% superior em relação aos demais, apresentando sobre estas diferenças significativas. Já para P-controle o maior teor encontrado foi em #UFU-3 (16,66%), também havendo diferenças significativas em relação aos outros genótipos avaliados. Considerando o teor de clorofila *b* na folha (Figura 11B) independente do tratamento (P-estresse e P-controle) o genótipo #UFU-1 foi estatisticamente superior em comparação com os demais. Além disso, observou-se na interação entre genótipo e diferentes tratamentos de P que #UFU-1 foi significativamente superior sob a condição de estresse de P, enquanto #UFU-3 e #UFU-4 obtiveram melhores desempenhos estatísticos em P-controle. Analisando o teor de clorofila total (Figura 11C) na condição de P-estresse #UFU-1 foi 50% superior em relação aos genótipos no mesmo tratamento. Já para o P-controle #UFU-3 teve teor de clorofila total na folha significativamente superior em torno de 45% quando comparado com #UFU-1, #UFU-2 e #UFU-4. Com relação ao teor de carotenoides (Figura 11D), independentemente do nível de P em que as plantas de feijão foram submetidas #UFU-1 também se destacou em superioridade quando comparado com os outros genótipos do trabalho. Para a condição de P-estresse a superioridade foi em torno de 50% em relação a #UFU-2 (33,33%), #UFU-3 (23,07%) e #UFU-4, já para P-controle #UFU-1 foi superior em cerca de 72% comparado aos demais genótipos. Na interação de fatores, o genótipo #UFU-1 assim como o #UFU-3 apresentaram superioridade significativa sob a condição de P-controle.

No trabalho realizado por Ferreira (2023), que se propôs a avaliar a produção de pigmentos fotossintéticos sob influência de tratamentos com e sem P na cultura da soja, os valores de clorofila *a* e *b*, no geral, foram relativamente superiores aos obtidos neste trabalho. Os teores de clorofila *a* e *b* encontrados pelo autor nas duas modalidades foram: presença de P: 23 e 25 mg. 100g massa fresca planta⁻¹; ausência de P: 20 e 22 mg.100g massa fresca planta⁻¹ respectivamente, o que demonstra a divergência de resultados entre os dois estudos.

Pode-se observar que para o teor de clorofila *a* os genótipos #UFU-2, #UFU-3 e #UFU-4 obtiveram desempenho significativamente superior quando posicionados no tratamento controle. Já para a clorofila *b*, os genótipos que se destacaram no tratamento controle foram #UFU-3 e #UFU-4. Da mesma forma, #UFU-3 e #UFU-4 obtiveram respostas positivas para a variável clorofila total, quando submetida a dose controle de P. Medina (2020) se propôs a

avaliar as principais limitações fotossintéticas apresentadas por cultivares de soja contrastantes quanto à eficiência do uso de P, e observou em ambas as cultivares avaliadas aumento na variável clorofila total das plantas submetidas a maiores doses de P. Considerando os teores de carotenoides #UFU-1 e #UFU-3 foram os genótipos que apresentaram diferenças significativas em relação aos demais sob influência do tratamento controle. Ferreira (2023), observou também maiores teores de carotenoides em plantas de soja com incremento de P no tratamento (4 mg.100 g massa fresca planta⁻¹). O fósforo é componente fundamental do metabolismo celular das plantas, pois além de participar da formação da molécula de ATP, atua na síntese de açúcares, fosfatos, ácidos nucleicos, nucleotídeos e coenzimas (MEDINA, 2020). Dessa forma, pode-se inferir que sob elevações de doses do nutriente no solo, a resposta do metabolismo fotossintético das plantas é imediatamente favorecida, o que explicaria o melhor desempenho desses genótipos sob o tratamento controle. Portanto, a deficiência de P prejudica o metabolismo fotossintético, uma vez que a demanda energética para formação de intermediários fosforilados do ciclo de Calvin-Benson é intensa (MEDINA, 2020). Usuda e Edwards (1982) afirmam ainda que para que ocorra uma fotossíntese ideal, são necessárias concentrações equilibradas de P nos cloroplastos e citosol. Entretanto, o genótipo #UFU-1, apresentou para todas as variáveis de eficiência fotossintética, exceto carotenoides, melhor desempenho em condições de estresse de P.

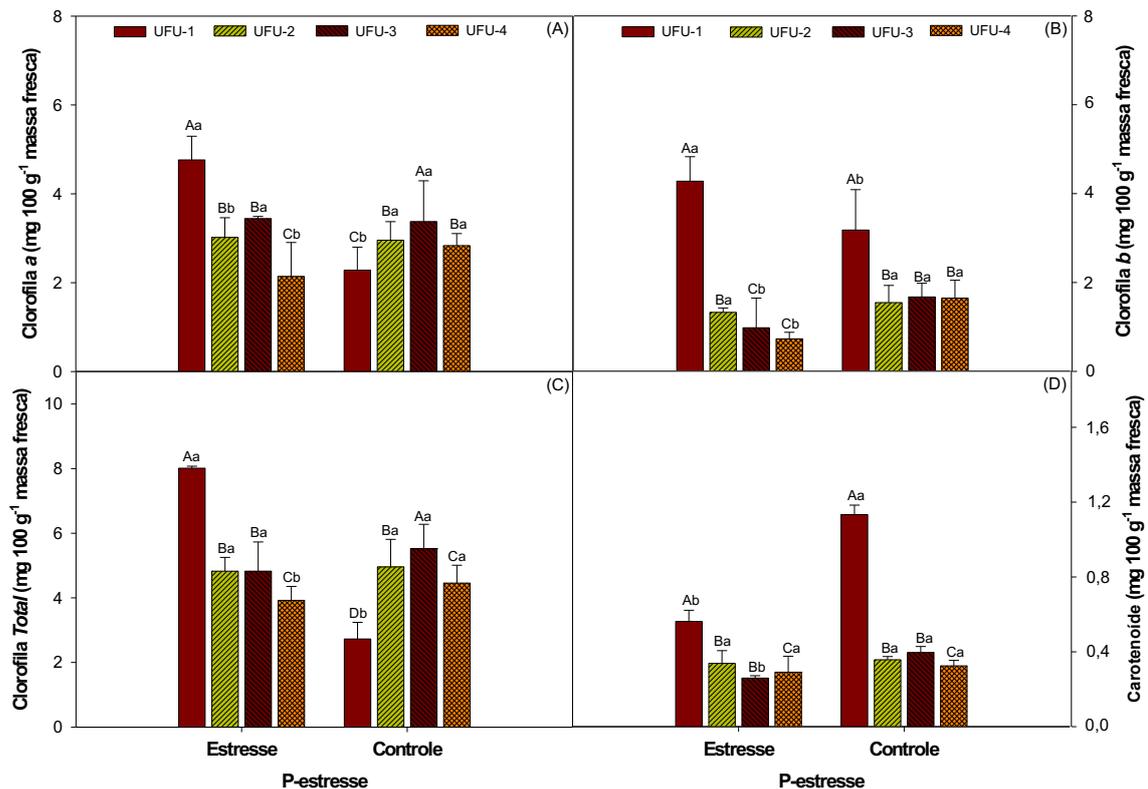


Figura 11. Teor de clorofila *a* (A), Teor de clorofila *b* (B), Teor de clorofila total (C) e carotenoide (D) na folha do feijoeiro comum sobre estresse de P em função dos genótipos feijoeiro comum. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam os genótipos em cada nível de estresse de P (P-estresse e P-controle), e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam níveis de estresse de P dentro de cada genótipo, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Na variável escurecimento dos grãos do feijão (Figura 12) aos 30 dias após a colheita, avaliou-se os genótipos #UFU-1 (A), #UFU-2 (B), #UFU-3 (C) e #UFU-4 (D) e foram atribuídas notas segundo a escala de cores de Silva et al., (2008). Para o P-controle os genótipos #UFU-1 e #UFU-3 foram os materiais que conservaram a cor do tegumento sem sinais de escurecimento, obtendo nota 1. Já para P-estresse, os genótipos #UFU-1 e #UFU-3 também foram os materiais que conservaram a cor do tegumento durante o período de observação, obtendo nota 1 e retardando consideravelmente o escurecimento.

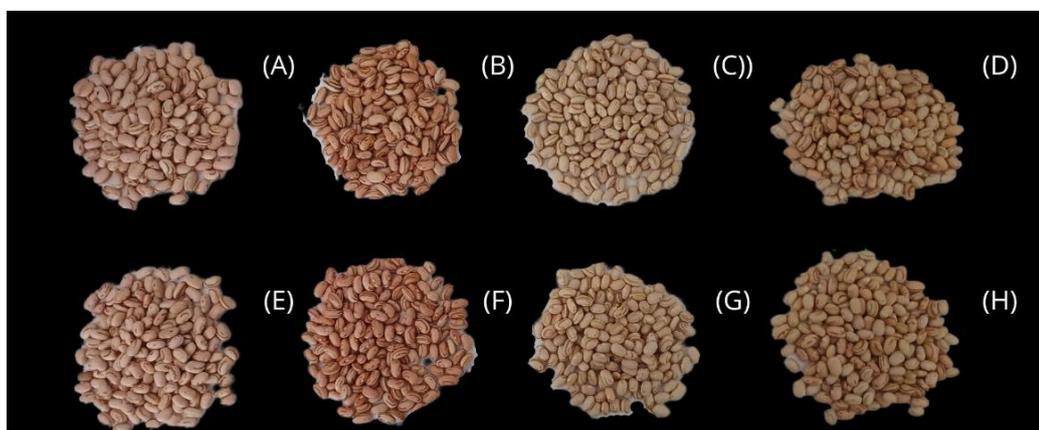


Figura 12. Imagem dos genótipos de feijoeiro comum em função P-estresse e P-controle. Análise visual do escurecimento em função do tempo, 30 dias.

Para o escurecimento dos grãos do feijão (Figura 13) aos 60 dias após a colheita para os genótipos #UFU-1 (A), #UFU-2 (B), #UFU-3 (C) e #UFU-4 (D), observou-se que para P-estresse o genótipo #UFU-3 foi o material que conservou a cor do tegumento após os 60 dias da colheita obtendo nota 1 segundo a escala de cores de Silva et al., (2008). Já para P-controle nos genótipos #UFU-1 (E), #UFU-2 (F), #UFU-3 (G) e #UFU-4 (H) o genótipo #UFU-3 foi o material que conservou a cor do tegumento após os 60 dias da colheita com nota 1 retardando os níveis de escurecimento.

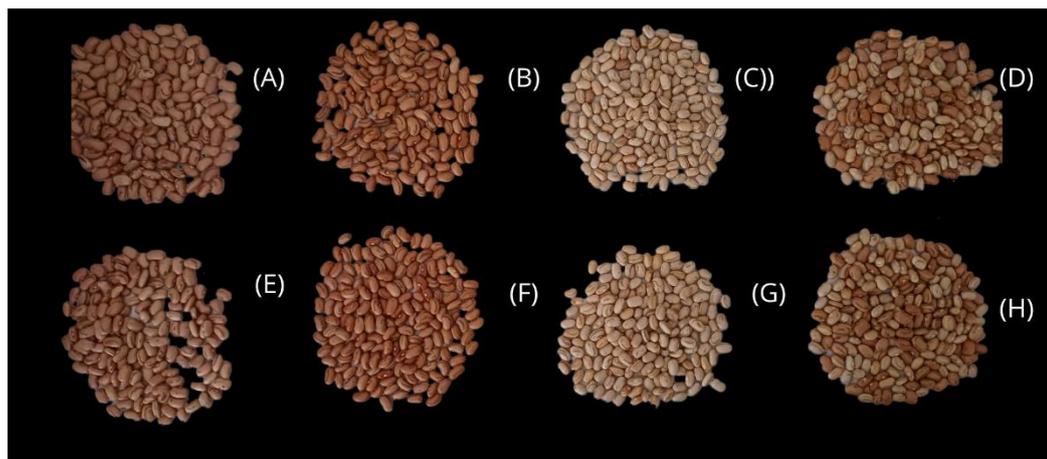


Figura 13. Imagem dos genótipos de feijoeiro comum em função P-estresse e P-controle. Análise visual do escurecimento em função do tempo, 60 dias.

O escurecimento pós-colheita dos grãos de feijão está ligado com as mudanças bioquímicas que ocorrem ao longo do tempo pois, os compostos presentes no tegumento passam por processos químicos como a oxidação originando novos compostos responsáveis pela alteração da cor dos grãos (ARIATI, 2018). O escurecimento do tegumento tem sido atribuído principalmente aos compostos fenólicos, entre eles taninos e flavonoides que em altas concentrações representam maior escurecimento do tegumento das sementes (SIQUEIRA et al. 2016).

Esta variável é intrínseca geneticamente, ou seja, há suscetibilidade entre genótipos de feijão para a característica em questão. Por isso, é importante selecionar genótipos que apresentem escurecimento tardio de seus grãos, uma vez que os consumidores tendem a relacionar a tonalidade escurecida com grãos velhos e de difícil cozimento, perdendo seu valor de mercado (PERINA, et al., 2014).

Diversos autores através de seus estudos buscam observar as interações entre fatores que resultam no evento do escurecimento e preconizam selecionar genótipos ideais e maneiras de retardar o escurecimento. Ariati (2018) avaliou o comportamento de 10 genótipos de feijão carioca quanto ao escurecimento, e observou mudanças na cor do tegumento em intensidades diferentes após os 120 dias de armazenamento, podendo selecionar os melhores genótipos ao final do experimento. Pereira et al., (2021) selecionou em seu trabalho linhagens de feijoeiro provenientes de melhoramento genético associadas ao escurecimento lento e de alta produtividade, obtendo ao final dois materiais com potencial para tornarem-se novas cultivares. Lima et al., (2014) avaliou o uso de embalagens a vácuo e seus efeitos no retardamento do

escurecimento e cozimento dos grãos de feijão e obteve resultados satisfatórios de teores finais de compostos fenólicos, indicando efetividade do método empregado.

De modo geral, foi observado no presente trabalho que, independentemente do tratamento houve maior retardamento do escurecimento no genótipo #UFU-3 após os 60 dias de avaliações, sendo este então o mais indicado para seleção em se tratando desta característica, embora seja pertinente dizer que seria interessante explorar maiores períodos de avaliações que representem a realidade do armazenamento de grãos juntamente com a aplicação de outras metodologias descritas na literatura.

Durante a condução do experimento também foram realizados cruzamentos, quando as plantas se encontravam no período reprodutivo, a fim de se obter possíveis indivíduos segregantes para o programa de melhoramento genético do feijoeiro da UFU.

Ao final do experimento foram geradas possíveis sementes F1 através da hibridação das flores do feijoeiro #UFU-2 (A) e #UFU-3 (B) (Figura 14) e #UFU-1 (A) e #UFU-3 (B) (Figura 15).

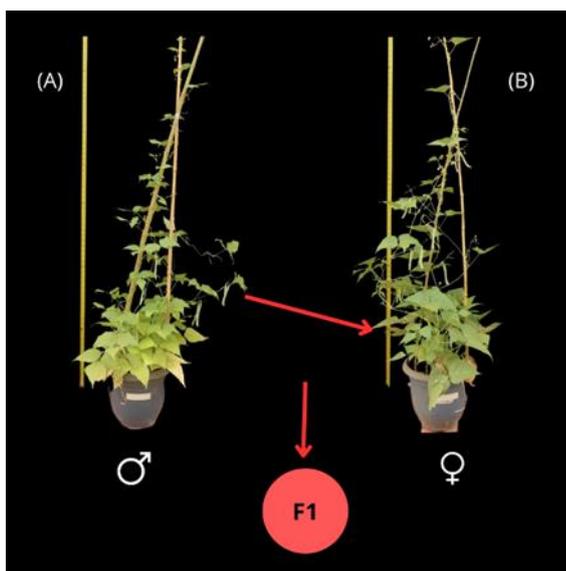


Figura 14. Imagem da hibridação das flores do feijoeiro #UFU-2 (A) e #UFU-3 (B) gerando sementes F1.



Figura 15. Imagem da hibridação das flores do feijoeiro #UFU-1 (A) e #UFU-3 (B) gerando sementes com geração F1.

6. CONCLUSÃO

Concluiu-se com a pesquisa que houve comportamentos distintos dos genótipos quanto as condições de P no solo, porém #UFU-3 e #UFU-4 foram os que mais se destacaram diante os parâmetros avaliados.

O genótipo #UFU-4 apresentou boa produtividade, bom desenvolvimento de raízes e foi eficiente em absorver o P em condições de estresse do nutriente, sendo um genótipo promissor na busca por cultivares adaptadas.

O genótipo #UFU-3 foi o material que apresentou maior produtividade, eficiência no uso do P e retardou o escurecimento dos grãos de feijão, apresentando características agrônômicas adequadas para o produtor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. W. C. **Desenvolvimento de feijoeiro submetido a adubação fosfatada em conjunto com fertilizante orgânico**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, 2022.
- ANJOS, D. N. et al. Polifosfato de amônio e superfosfato simples em cultivares de feijão comum. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 86-94, 2021.
- ARAUJO, A. P. et al. Produção de cultivares de feijoeiro sob sistema orgânico de produção. *In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1-4, 2013.
- ARAÚJO, Érica et al. Doses e fontes de fósforo sob a eficiência nutricional de genótipos de feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 149, 2018. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/agrar/Doses%20e%20fonte%20feijao.pdf>. Acesso em: 21/11/2023.
- ARAUJO, J. C. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o sistema orgânico de produção**. 2008. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- ARIATI, A. C. **Avaliação do escurecimento do tegumento de genótipos de feijão carioca durante o armazenamento**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.
- BADEJO, M. et al. Agregação de custos e valor em sistemas agroindustriais ecológicos. *In: MENDONÇA, M. de S. (org.). Agronegócio: técnicas, inovação e gestão*. Guarujá, SP: **Científica Digital**, p. 69-91, 2021.
- BARROS, J. F. C. **Fertilidade do solo e Nutrição das plantas: Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários e Noções Básicas de Agricultura**. Universidade de Évora, Évora, 2020.
- BATISTA, G. S. et al. Crescimento inicial do meloeiro em função da aplicação de biofertilizantes no cultivo orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 9, n. 2, p. 24-32, 2019.
- BAUER, C. S. **Agricultura familiar: estudo do custo da produção de feijão orgânico e convencional**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Ciências Contábeis, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.
- CARVALHO, E. R. et al. Desempenho de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 892-899, 2010.

CASSETARI, L. S. et al. Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. **Acta Horticulturae**, n. 1083, p. 469-473, 2015.

COÊLHO, J. D. Feijão: Produção e Mercados. **Caderno Setorial ETENE**, n. 197, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1031>. Acesso em: 20/07/2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Informações Agropecuárias – Safra. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em: 12/07/22.

DAROLT, M. R.; **Agricultura Orgânica: inventando o futuro**. Londrina: IAPAR, 2010.

DUTRA, R. L. S. **Eficiência no uso de fósforo em genótipos de feijão com uso de bioativadores de solo**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Feijoeiro Comum. EMBRAPA Arroz e Feijão: sistemas de produção, Versão eletrônica, Jan. 2013. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/> >. Acesso em: 15 novembro 2014.

FAO- Food and Agriculture Organization. Anuário estatístico da agricultura familiar. **Food an Agriculture Organization of the United Nations**, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/familyfarming/detail/en/c/1601180/>. Acesso em: 07/01/2023.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 20/10/2022.

FARIAS, D. R. de et al. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba: I-isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 623-632, 2009.

FERNANDES, R. C.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, A. P. Desempenho de cultivares de feijoeiro-comum em sistema orgânico de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 797-806, 2015.

FERREIRA, K. V. **Pigmentos fotossintéticos e índice de reflectância da soja em função de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em solos de diferentes texturas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

FIDELIS, R. R. et al. Comportamento de cultivares de feijão comum cultivados em solos de cerrado. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.10, n.1, p.75-82, 2017.

FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: a view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1001-1005, 2012.

FNDE- Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Caderno de Legislação 2023**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnae/manuais-e-cartilhas/copy_of_Cadernodelegislao_PNAE_2023.pdf. Acesso em: 02/07/23.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. **Anthocyanins as food colors**, v. 1, p. 280, 1982.

GARCIA, J. C.; MENDES, M. B. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 2, p. 2003-2013, 2022.

IPGRI., **Descritores para *Phaseolus vulgaris***. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI., 2001.

JADOSKI JUNIOR, C. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu-SP, 2012.

LIMA, A. F.; SILVA, E. G. A.; IWATA, B. F. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

LIMA, R. A. Z. et al. Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1664-1670, 2014.

LINO, N. S. **Desempenho de Cultivares de Feijão em Sistema Orgânico de Produção**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022.

MADAIL, J. C. M. et al. Evolução da produção e mercado de produtos orgânicos no Brasil e no mundo. **Revista Científica da Ajes**, v. 2, n. 3, 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **São Paulo: Agronômica Ceres**, p.638, 2016.

MARQUES, D. J.; BROETTO, F.; SILVA, E. C. Efeito do estresse mineral induzido por fontes e doses de potássio na produção de raízes em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 7-12, 2010.

MARQUES, D. J. et al. Morphophysiological changes resulting from the application of silicon in corn plants under water stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, [S.l.], v. 41, p. 569–584, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10322-5>.

MARTINS, J. N. et al. Resíduos de agrotóxicos em feijão: uma análise crítica sobre o monitoramento. **Anais do 8º simpósio brasileiro de vigilância sanitária**, 2019, Belo Horizonte. Disponível em: <https://proceedings.science/simbravisa-2019/trabalhos/residuos-de-agrotoxicos-em-feijao-uma-analise-critica-sobre-o-monitoramento>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MEDINA, I. R. **Limitações fotossintéticas, partição de carbono e produtividade de cultivares de soja contrastantes quanto à eficiência no uso de fósforo**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Florestal-MG, 2020.

MENDES, I. C.; DOS REIS JÚNIOR, F. B. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. **EMBRAPA**, Planaltina, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>. Acesso em: 21/09/2023.

MOREIRA, M. F. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo**. 2004. Tese (Doutorado em fitotecnia), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

MOURA, M. M. et al. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400010>.

NASCIMENTO, M. A. et al. **Avaliação da percepção dos consumidores em relação dos produtos orgânicos**. In: XVI Congresso de Iniciação Científica. Monografia. Universidade Federal de Pelotas. 2006.

NASCIMENTO, W. M. et al. **Produção de sementes de hortaliças em sistema orgânico**. In: XII Curso sobre Tecnologia de Produção de Sementes de Hortaliças Mossoró/RN – 22 a 24 de outubro. 12., Mossoró, RN. Palestras ... Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/941391>. Acesso em 23 de mar. de 2019.

NEGRISOLLI E. **Efeito da adubação orgânica e mineral nos componentes de rendimento de *Phaseolus vulgaris* variedade "Iac Imperador" em sistema de cultivo em base ecológica**. 2018. Dissertação (mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

NITAHARA, A. Censo Agropecuário: Brasil tem 5 milhões de estabelecimentos rurais. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 25/10/2019. Disponível em:

<https://revistarpanews.com.br/fertilizantes-volume-de-importacao-subiu-38-no-acumulado-de-2022/>. Acesso em: 07/01/2023.

NOVAIS, R. F. et al. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S., eds. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. **Embrapa-SEA**, p.189-254, 1991.

OLIVEIRA, T. C. et al. Potencial produtivo de genótipos de feijão comum em função do estresse de fósforo no Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 24-30, 2012.

OLIVEIRA, T. C. et al. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa (gvaa)**. Issn: 1981-8203, v. 7, p. 16–24, 2012.

ORMOND, J. G. P. et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, 2002.

PEREIRA, H. S. et al. Seleção de linhagens de feijão carioca com escurecimento lento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. 02471, 2021.

PEREIRA, L. B. et al. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 29-38, 2015.

PEREIRA, V. G. C. et al. Exigências agroclimáticas para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 32-42, 2014.

PERINA, E. F. et al. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p.14-22, 2014.

PÔRTO, M. L. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura brasileira**, v. 29, p. 311-315, 2011.

REDAÇÃO. Fertilizantes: volume de importação subiu 3,8% no acumulado de 2022. RPA News, 2022. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/fertilizantes-volume-de-importacao-subiu-38-no-acumulado-de-2022/>. Acesso em: 08/10/22.

RESENDE, G. M. **Rendimento produtivo de feijão rajado mediante diferentes doses de fósforo e intervalos de aplicação de inseticida natural**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

RIBEIRO, A. C. et al. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999.

RODRIGUES, L. L. **Controle genético do escurecimento dos grãos de feijão com diferentes tipos de grão e origens**. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)– Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

RODRIGUES, M. **Sistemas de manejo e a dinâmica das formas de fósforo e da fertilidade em solos de Cerrado**. 2013. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013.

SALVADOR, C. A., PEREIRA, J. R. Prognóstico Agropecuário: Feijão 2021/2022. **Departamento de Economia Rural- DERAL**, v. 13, n. 36, p 3-6, 2021.

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, 2011.

SAS Institute. SAS/STAT User’s Guid, Version 6. 12 SAS Institute, Cary, NC, 1996.

SILVA, G. S. et al. Genetic control of early grain darkening of carioca common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 299-304, 2008.

SILVA, G. L.; MOTA, D. H. Adubação organomineral e mineral na disponibilização de fósforo em feijoeiro. **Perquirere**, v. 2, n. 18, p. 10-22, 2021.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009.

SILVA, D. A. **Eficiência do uso do fósforo em feijoeiro comum**. 2015. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agrônômico –IAC, Campinas, 2015.

SILVA, O. F. Socioeconomia: Consumo per capita de Arroz (*Oryza sativa* L.) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, de 1985 a 2021. **Embrapa Arroz e Feijão**, 2022. Disponível em:<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefeijao.htm>. Acesso em: 07/01/2023.

SILVEIRA, M. A. et al. **Percepção da competitividade da produção e comercialização de feijão pela agricultura familiar no estado de Goiás**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronegócio)- Programa de pós graduação em Agronegócio, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SIQUEIRA, B. S. et al. Do enzymatic or non-enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tegument. **Food Science and Technology**. v. 69, p. 593-600, 2016.

SIQUEIRA, J. A. C. **Potencial agrônomo e seleção de genótipos de feijoeiro comum para obtenção de genitores potenciais: sistema orgânico vs. convencional**. 2023. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Programa de pós graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

STEEL, R. G. D. et al. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3rd ed. **Academic Internet Publishers**. p. 666, 2006.

SUARÉZ, T. A. S. R. et al. Impacto de abonos orgánicos en el rendimiento de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) en la Costa Peruana. In: SOUSA, C. S.; SABIONI, S. C.; LIMA, F. S. **Agroecologia: Métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**. 2. ed. 2021. p. 205 – 218. DOI: <https://doi.org/10.37885/210102684>.

TORRES NETTO, A. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104 p. 199- 209, 2005.

USUDA, H., EDWARDS, G. E. Influence of Varying CO₂ and Orthophosphate Concentrations on Rates of Photosynthesis, and Synthesis of Glycolate and 45 Dihydroxyacetone Phosphate by Wheat Chloroplasts. **In Plant Physiol**, v. 69, 1982.

VIANA, T. O. et al. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, v. 58, p. 115-120, 2011.

VIEIRA, M. O. C. S. et al. Utilização de adubo fosfatado e inoculante à base de fungo micorrízico no cultivo do feijão. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 19, n. 1, p. 16-24, 2021.

WANDER, A. E., SILVA O. F. Cultivo do feijão: Consumo. **EMBRAPA Arroz e Feijão**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pos-producao/consumo#:~:text=Segundo%20estimativas%20da%20Embrapa%20Arroz,kg%2Fhab%2C%20em%201996>. Acesso em: 12/08/22.

WISSUWA, M. How do plants achieve tolerance to phosphorus deficiency? Small causes with big effects. **Plant physiology**, v. 133, n. 4, p. 1947-1958, 2003.

ZAFAR, M. et al. Effect of combining organic materials with inorganic phosphorus sources on growth, yield, energy content and phosphorus uptake in maize at Rawalakot Azad Jammu and Kashmir, **Pakistan**, v. 3(2), p. 199-212, 2011.

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

