

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

**INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS NO
FEIJOEIRO-COMUM SOB ÉPOCAS E DENSIDADES DE
SEMEADURA DIFERENTES**

Jorge Luis Tejada Soraluz

Engenheiro Agrônomo

2022

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

**INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS NO
FEIJOEIRO-COMUM SOB ÉPOCAS E DENSIDADES DE
SEMEADURA DIFERENTES**

Discente: Jorge Luis Tejada Soracruz

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

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

2022

T266i Tejada-Soraluz, Jorge Luis
Interferência das plantas daninhas no feijoeiro-comum sob
épocas e densidades de semeadura diferentes / Jorge Luis
Tejada-Soraluz. -- , 2023
169 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal,
Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

1. Interferência. 2. Plantas competição. 3. Densidade. 4.
Clima Agricultura. 5. Phaseolus vulgaris. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS NO FEJJOEIRO-COMUM SOB ÉPOCAS
E DENSIDADES DE SEMEADURA DIFERENTES

AUTOR: JORGE LUIS TEJADA SORALUZ

ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

COORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA (Participação Virtual)
Embrapa Algodão / Campina Grande/PB

Prof. Dr. JHANSLEY FERREIRA DA MATA (Participação Virtual)
Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG / Fruta/MG

Prof. Dr. ARTHUR ARROBAS MARTINS BARROSO (Participação Virtual)
Universidade Federal do Paraná-UFPR / Curitiba/PR

Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO (Participação Virtual)
Autônoma / Ponta/SP

Jaboticabal, 23 de novembro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JORGE LUIS TEJADA SORALUZ – Natural do porto do Callao, Peru, onde nasceu em 29 de dezembro de 1980, sendo os pais Teodosio Tejada Claros e Jesus Maria Soraluz Dávila. Engenheiro agrônomo e mestre em Producción Agrícola pela Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Peru) em 2013 e 2016, respectivamente. Realizou estágio em outubro de 2016 no Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) da Unesp-Jaboticabal, conduzindo pesquisa sobre o controle químico de *Eleusine indica*, trabalho apresentado no V Congresso Brasileiro de Fitossanidade em agosto de 2019. O ano 2018 fez segundo estágio na North Carolina State University (U.S), desenvolvendo trabalho sobre o controle químico de *Portulaca oleracea* e *Galinsoga quadriradiata*. Atualmente é membro do LAPDA e em março de 2020 ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves e com bolsa da CAPES/PROEX.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

Ao meu pai Teodosio pelo legado imaterial que deixou e a minha mãe Marujita pelo apoio incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por cuidar cada passo que dou.

Aos meus pais Teodosio e Marujita, a minha irmã Patricia, por tudo aquilo que contribuiu com a minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus grandes amores: minha esposa Roxana e minha filha Emilia, os pilares da minha vida.

Ao meu orientador professor Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, pelos ensinamentos, paciência e tempo outorgado todas as vezes que foi precisado. Ao meu coorientador professor Leandro Borges Lemos, pelos excelentes e oportunos aportes que melhoraram substancialmente a pesquisa e ao Vinicius Filla, pelo apoio permanente.

Aos membros da banca da defesa: Augusto Guerreiro Fontoura, Jhansley Ferreira da Mata, Arthur Martins Barroso e a Mariluce Pascoina Nepomuceno pelos excelentes aportes e correções neste trabalho.

Aos meus amigos do LAPDA que ajudaram na realização da pesquisa, especialmente José Valcir Fidelis Martins, Ebson Silva, Willians Carrega, Allan, Nelson, Paloma, Luana, Gabriela, Maira, Mayra, Lucas e a todos aqueles que apoiaram direta ou indiretamente, meu eterno agradecimento.

À Univesidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-câmpus de Jaboticabal, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela imelhorável oportunidade de continuar minha formação profissional e pessoal.

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

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Cultura do feijoeiro-comum	3
2.1.1. Importância da cultura	3
2.1.2. Hábitos de crescimento	6
2.1.3. Estádios fenológicos	8
2.2. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro	9
2.2.1. Interferências diretas	9
2.2.2. Interferências indiretas	14
2.2.3. Efeitos da interferência de plantas daninhas	15
2.3. Períodos de interferência das plantas daninhas no feijoeiro-comum	17
2.4. Fatores que influenciam a interferência	19
2.4.1. Comunidade infestante	20
2.4.2. Condições edafoclimáticas	23
2.4.3. Habilidade competitiva da cultivar	24
2.4.4. Tratos culturais	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Localização e condições edafoclimáticas	31
3.2. Condução dos experimentos	34
3.3. Delineamento experimental e tratamentos	40
3.4. Parâmetros avaliados e análise estatística	43
3.4.1. Análise fitossociológica das plantas daninhas	43

3.4.2. Períodos de interferência	45
3.4.3. Interferência das plantas daninhas na produtividade e componentes da produção	46
3.4.4. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão	46
3.4.5. Análise estatística	48
4. RESULTADOS	49
4.1. Experimento A (safra das águas ou safra de primavera-verão)	49
4.1.1. Composição específica da comunidade infestante	49
4.1.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	52
4.1.3. Fitossociologia da comunidade infestante	58
4.1.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro	62
4.2. Experimento B (safra de inverno)	70
4.2.1. Composição específica da comunidade infestante	70
4.2.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	73
4.2.3. Fitossociologia da comunidade infestante	79
4.2.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro	83
4.3. Experimento C (safra no Peru)	91
4.3.1. Composição específica da comunidade infestante	91
4.3.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	94
4.3.3. Fitossociologia da comunidade infestante	101
4.3.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro	104
5. DISCUSSÃO	107
5.1. Experimento A	107
5.1.1. Composição específica da comunidade infestante	107
5.1.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	109
5.1.3. Fitossociologia da comunidade infestante	114

5.1.4. Períodos de interferência	116
5.1.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade	118
5.1.6. Interferência das plantas daninhas nos componentes da produção	119
5.1.7. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão	120
5.2. Experimento B	122
5.2.1. Composição específica da comunidade infestante	122
5.2.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	123
5.2.3. Fitossociologia da comunidade infestante	125
5.2.4. Períodos de interferência	127
5.2.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade	129
5.2.6. Interferência das plantas daninhas nos componentes da produção	130
5.2.7. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão	131
5.3. Comparação entre o Experimento A (Exp A) e B (Exp B)	132
5.4. Experimento C	137
5.4.1. Composição específica da comunidade infestante	137
5.4.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas	138
5.4.3. Fitossociologia da comunidade infestante	143
5.4.4. Períodos de interferência	146
5.4.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade	148
5.5. Comparação entre os Experimentos A, B e C	148
6. CONCLUSÕES	151
7. REFERÊNCIAS	152

INTERFERÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS NO FEIJOEIRO-COMUM SOB ÉPOCAS E DENSIDADES DE SEMEADURA DIFERENTES

RESUMO – Com o objetivo de determinar o efeito da época e/ou a densidade de semeadura na interferência de plantas daninhas no feijoeiro-comum, foram conduzidos quatro experimentos no Brasil em duas épocas (safra das águas ou SA e safra de inverno ou SI) e dois no Peru em uma época, sendo dois experimentos por época: 15 e 10 plantas de feijoeiro m^{-1} (QPM e DPM) no Brasil e 12 e 8 plantas de feijoeiro m^{-1} (DoPM e OPM) no Peru. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em quatro repetições (Brasil e Peru), com arranjo fatorial no Brasil, sendo um fator a duração dos períodos (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 80 dias após a emergência ou DAE) e o outro fator o tipo de período (convivência e controle), ficando 14 tratamentos. No Peru, os tratamentos foram períodos crescentes de controle e convivência: 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAE, totalizando 12 tratamentos. Realizou-se a análise fitossociológica das plantas daninhas e a regressão da sua massa seca com a produtividade. A análise de regressão não linear da produtividade foi feita para determinar o período anterior à interferência (PAI), período crítico de prevenção à interferência (PCPI) e período total de prevenção à interferência (PTPI). O efeito da interferência nos componentes da produção e na qualidade dos grãos foram determinados no Brasil. As espécies predominantes foram: *Nicandra physaloides* (Brasil e Peru), *Digitaria nuda* (Brasil), *Raphanus raphanistrum* (Brasil), *Setaria verticillata* (Peru) e *Sorghum halepense* (Peru). Na SA, o PCPI em QPM mostrou redução em quatro dias e o PAI teve aumento em 7 DAE, em comparação com DPM. O PCPI foi cinco dias menor e o PAI foi 6 DAE maior na SI que na SA, em DPM. No Peru, em DoPM estendeu-se o PAI em 4 DAE e diminuiu-se o PCPI em 17 dias, em comparação com OPM. A interferência das plantas daninhas diminuiu a produtividade entre 34,6 a 92,9%. O efeito da interferência das plantas daninhas nos componentes da produção e qualidade dos grãos foi semelhante nas duas densidades, exceto a proporção de grãos maiores (foi 4% maior em DPM do que em QPM na SA). A interferência provocou a menor produtividade e massa de 100 grãos, o maior tempo de hidratação do grão e a maior proporção de grãos pequenos na SI. A maior densidade de semeadura conferiu à cultura maior capacidade competitiva sobre algumas espécies de plantas daninhas na SA e safra no Peru, mas não na SI.

Palavras-chave: competição, controle cultural de plantas daninhas, estande de plantas, *Phaseolus vulgaris* L.

WEED INTERFERENCE IN COMMON BEAN UNDER DIFFERENT SOWING DENSITY AND SEASON

ABSTRACT – In order to determine the effect of season and/or sowing density on weed interference in common bean, four experiments were carried out in Brazil in two seasons (spring-summer and winter season or SS and WS, respectively) and two in Peru in one season, with two experiments per season: 15 and 10 bean plants m^{-1} (FPM and TPM) in Brazil and 12 and 8 bean plants m^{-1} (TwPM and EPM) in Peru. The experimental design was in randomized blocks with four replications (Brazil and Peru), in a factorial arrangement in Brazil, being a factor the duration of the periods (10, 20, 30, 40, 50, 60 and 80 days after emergence or DAE) and another factor was the type of period (coexistence and control), setting 14 treatments. In Peru, the treatments were increasing periods of control and coexistence: 15, 30, 45, 60, 75 and 90 DAE, totaling 12 treatments. Weed phytosociological survey was evaluated as well as the analysis of weed dry mass with bean productivity regression. Nonlinear regression analysis of productivity was performed to determine the period prior to interference (PPI), critical period of interference prevention (CPIP) and total period of interference prevention (TPIP). The effect of interference on yield components and grain quality was determined in Brazil. The predominant species were: *Nicandra physaloides* (Brazil and Peru), *Digitaria nuda* (Brazil), *Raphanus raphanistrum* (Brazil), *Setaria verticillata* (Peru) and *Sorghum halepense* (Peru). In SS, the CPIP in FPM showed a reduction in four days and PPI had an increase in 7 DAE, compared to TPM density. CPIP had five days less and PPI was 6 DAE greater in the WS than in the SS, in TPM density. In Peru, in TwPM, the PPI was extended by 4 DAE and the CPIP was reduced by 17 days, compared to EPM. Weed interference decreased productivity from 34,6 to 92,9%. The effect of weed coexistence on yield components and grain quality was similar in both densities, except for the percentage of larger grains, which was 4% greater in TPM than in FPM in the SS. Weed interference caused the lowest yield and 100-grain mass, the longest grain hydration time and the highest proportion of small grains in the WS. The higher sowing density gave the crop a greater competitive capacity over some weed species in the SS and in the harvest in Peru, but not in the WS.

Keywords: competition, cultural weed control, plant stand, *Phaseolus vulgaris* L.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro ocupa lugar expressivo na alimentação mundial. Segundo a FAO (2016), o feijão é fonte de proteínas, ferro, cálcio, ácido fólico, fibra, baixo conteúdo de sódio e gordura, constituindo-se na base da dieta em países como Brasil, México, Colômbia, Índia, Vietnã, Gana, entre outros. A FAOSTAT (2022) colocou ao Brasil no terceiro lugar em produção mundial de feijão de grão seco, depois da Índia e Myanmar, com volume de 3.035.290 t o ano 2020. Dados da Conab (2022) indicam que, apesar do impacto da pandemia da covid-19, a produção brasileira do feijão na safra 2021/2022 (3.114.800 t) foi 7,6% maior do que na safra 2020/2021 (2.893.800 t), mesmo com queda de 3,2% da área plantada na safra 2021/2022 em relação à safra 2020/2021.

A ótima produtividade do feijoeiro depende tanto de fatores climáticos quanto do manejo agrônomo, especialmente do controle de plantas daninhas, considerando que a cultura tem baixa capacidade de competição (Freitas et al., 2019), podendo ser seriamente prejudicada pela interferência das plantas daninhas, deixando graves perdas econômicas. Schiessel et al. (2019) afirmaram que a interferência das plantas daninhas reduz em 80,4% a produtividade do feijoeiro, devido à diminuição do estande e do número de vagens por planta. Segundo Soltani et al. (2018), produtores de feijão dos Estados Unidos e Canadá poderiam perder por causa das plantas daninhas até 71% da produtividade, valorizada em US \$622 milhões nos Estados Unidos e US \$100 milhões na Canadá.

Além de afetar a produtividade, as plantas daninhas podem interferir nas características qualitativas do grão, reduzindo seu valor comercial ou industrial (grãos muito pequenos ou “miúdos”), nutritivo (grãos com baixo teor de proteínas) e culinário (feijões duros, difíceis de hidratar e cozer). A elevada competição de plantas daninhas por nutrientes pode diminuir a absorção de nitrogênio pela cultura, comprometendo assim o conteúdo de proteínas dos grãos. Coelho et al. (2019) mostraram que houve uma redução de 13,4% no teor de nitrogênio nos grãos do feijoeiro convivendo com *Commelina diffusa* em relação ao tratamento livre dessa planta daninha.

Os momentos em que a cultura pode apresentar prejuízos na produtividade em decorrência da convivência com a comunidade infestante são chamados de períodos de interferência e são expressos em dias após o plantio/semeadura. Pitelli e Durigan (1984) determinaram três tipos de períodos de interferência: período anterior à interferência ou PAI (período a partir da emergência que plantas daninhas podem conviver com a cultura sem redução significativa na produtividade), período total de prevenção à interferência ou PTPI (período após a emergência em que, efetuando-se o controle, seu final reflete o momento em que a cultura é capaz de prevenir a interferência) e período crítico de prevenção à interferência ou PCPI (período em que deve haver controle da comunidade infestante). Conhecer esses períodos é de grande importância pois permite saber o momento ideal para controlar as plantas daninhas e quando, ocasionalmente, é possível deixá-las na cultura, o que significa economia de recursos.

Os períodos de interferência podem mudar de acordo com a cultivar, espécies de plantas daninhas, condições ambientais ou época de plantio e práticas agrônômicas, podendo tornar mais competitiva à cultura ao aumentar o PAI e diminuir o PCPI. No entanto, se os fatores favorecerem mais à comunidade infestante apresentando por diversas causas elevada densidade, massa seca, predominância de espécies agressivas, etc., a capacidade competitiva da cultura será comprometida, refletindo-se nos períodos de interferência (por exemplo menor PAI e maior PCPI significa que a cultura estará mais tempo vulnerável à competição). Nas condições do experimento de Parreira et al. (2013), o plantio direto do feijoeiro-comum sobre resíduos de *Crotalaria juncea* aumentou o PAI em 23,7% quando comparado com o cultivo sem resíduos, portanto o plantio direto favoreceu a tolerância da cultura sobre a comunidade infestante.

Considerando o controle de plantas daninhas significativo no manejo agrônômico do feijoeiro e a importância para o controle do conhecimento do efeito da densidade e época de semeadura nos períodos de interferência, trabalhos desta natureza são importantes para tornar o manejo da comunidade infestante mais rigoroso e eficiente, economizando tempo e recursos. Igualmente, contribui com esse intuito, atualizar informação dos impactos da interferência de plantas daninhas na produtividade e qualidade do feijoeiro em função de épocas e densidades de

semeadura. Os objetivos do presente estudo foram: a) determinar os efeitos de densidades e épocas de semeadura do feijoeiro-comum nos períodos de interferência de plantas daninhas no Brasil, b) determinar os efeitos de densidades de semeadura do feijoeiro-comum nos períodos de interferência de plantas daninhas no Peru, c) caracterizar a comunidade infestante convivendo com o feijoeiro no Brasil e no Peru e d) analisar a interferência de plantas daninhas na produtividade e qualidade dos grãos no Brasil e na produtividade no Peru.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do feijoeiro-comum

2.1.1. Importância da cultura

As leguminosas de grão conformam importante grupo de culturas alimentícias fundamentais na alimentação de quase todas as civilizações do mundo, há mais de 20 mil anos. Objetos arqueológicos e iconografia de culturas ancestrais indicam que eram alimentos básicos no antigo Egito, Grécia, etc. Especificamente o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) e o feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus*) constituíram alimentos muito apreciados pela cultura Inca, Maia e Asteca, há mais de 5.000 anos, sendo os incas quem deixaram para a humanidade os feijões mais vistosos e maiores do mundo, além de alguns deles terem a capacidade de explodir, semelhante ao milho pipoca, quando torrados (Valladolid, 2016).

Segundo Tôsto et al. (2012), a origem do feijoeiro-comum ainda é controversa, porém a mais concreta é a que sugere existência de três centros primários de diversidade genética: o mesoamericano (México e Guatemala, onde teriam surgido as variedades de grãos pequenos), o sul dos Andes (norte do Peru até as províncias do noroeste da Argentina, onde teriam sido originadas as variedades de sementes grandes) e o norte dos Andes (desde a Colômbia e Venezuela até o norte do Peru). De acordo ao trabalho de Bitocchi et al. (2012), há evidências do que o feijão-comum tem origem mesoamericano, provavelmente no México, devido à análise filogenética e a ocorrência da vasta quantidade de parentes

silvestres do feijão nessa região. Após o descobrimento da América o feijão-comum foi levado para toda Europa e o resto do mundo virando nova fonte alimentícia e aportando novos sabores, considerado alimento de luxo na Europa medieval. Desde então o feijão-comum é a leguminosa de grão mais importante do mundo (Cubero e Moreno, 1983).

É uma das principais culturas produzidas e consumidas no Brasil e no mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, por sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional, sobretudo para classes mais carentes da população, e sua importância na culinária de diversos países e culturas (Barbosa e Gonzaga, 2012). Aliás, constitui um dos pilares da dieta brasileira, sendo o consumo per capita 15,2 kg/habitante o ano 2020 (Da Silva, 2021), 10% maior do que em 2019, apesar dos impactos da pandemia da covid-19 (Luders, 2020). Com relação ao aspecto nutricional, o feijão é caracterizado por nutricionistas como um alimento quase perfeito, pois, além do alto conteúdo de proteína, contém fibras, carboidratos complexos e outros componentes da dieta, como ácido fólico (fonte de vitamina B), ferro, zinco, magnésio e potássio (Ribeiro et al., 2011).

Características técnicas, agrônomicas e culturais credenciam o feijoeiro como excelente alternativa de exploração agrícola para pequenas propriedades, no entanto por ser uma cultura muito dependente de nutrientes, de água e sensível a ataques de pragas e doenças, todos os fatores de produção devem ser cuidadosamente considerados pelo produtor (Da Silveira, 2022). No Brasil, dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017) atribuem à agricultura familiar o 42% da produção nacional do feijoeiro-comum, o que reforça sua vocação para produção em pequena escala.

Se apresenta como cultura importante na sucessão ou rotação de cultivos ao longo do ano, pois pode ser cultivado em período relativamente curto, com ciclo produtivo geralmente em torno de 90 dias (Barbosa e Gonzaga, 2012) e também pode melhorar as características físico-químicas do solo em decorrência da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o que é aproveitado pela cultura sucessora. Segundo Muimba-Kankolongo (2018) essa fixação acontece pela simbiose do feijoeiro com a bactéria do solo *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, principalmente.

É uma cultura que está presente praticamente em todo o território brasileiro em diversas épocas do ano e em diferentes sistemas de produção, que vão desde sistemas consorciados por pequenos produtores, até como cultura exclusiva em áreas irrigadas por grandes produtores (Da Silveira, 2022), podendo se conseguir três safras anuais: a safra das "águas" ou 1ª safra é plantada principalmente nos estados de Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia, sendo cultivado entre agosto a novembro. A safra da "seca" ou 2ª safra ocorre entre dezembro a abril sobretudo nos estados de Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia e Paraíba. Já a safra de 3ª época (safra irrigada ou de inverno), acontece entre abril a julho maiormente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia, Alagoas e Pernambuco (Conab, 2022).

Os principais estados produtores na primeira, segunda e terceira safra do feijão-comum (cores + preto) são: Paraná, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso e São Paulo, tendo o estado do Paraná a produção mais expressiva com 704,4 mil toneladas (Tabela 1), sendo que o 56,7% da produção é de feijão preto. Os estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso e São Paulo produzem principalmente feijão-comum do tipo carioca, onde as maiores produtividades ocorrem em Goiás, São Paulo e Mato Grosso com 2.648, 2.191 e 2.163 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1) (Conab, 2022).

Tabela 1. Produção, área e produtividade de feijão-comum (cores + preto) na safra 2021/2022 (1ª, 2ª e 3ª safra). Adaptado de Conab (2022).

Estados	Produção (mil t)	Área (mil ha)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Paraná	704,4	403,9	1.744
Minas Gerais	515,7	306,7	1.292
Goiás	263,7	99,6	2.648
Bahia	212,8	235,5	903
Mato Grosso	188,1	87,0	2.163
São Paulo	181,0	82,6	2.191

2.1.2. Hábitos de crescimento

As plantas do feijoeiro-comum podem apresentar hábito de crescimento determinado e indeterminado, que é definido pelas características da parte terminal do caule e dos ramos laterais. Se, ao atingir a fase reprodutiva, o caule e os ramos laterais terminarem em uma inflorescência, a planta é de hábito de crescimento determinado. Nesse caso, a floração inicia-se do topo para a base da planta. Se o caule e os ramos laterais terminarem em uma gema vegetativa quando do início da floração, a planta é de hábito de crescimento indeterminado, iniciando sua floração da base para o topo e emitindo novos nós, ramos e folhas (Didonet e Carvalho, 2014).

Os tipos de hábitos de crescimento do feijão-comum e as características das plantas são descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Características das plantas de feijão-comum de diferentes hábitos de crescimento. Adaptado de Lemos et al. (2015).

Crescimento determinado	Tipo I	<p>Planta pouco ramificada e de porte baixo porém ereta</p> <p>Haste principal e os ramos laterais terminam com inflorescência</p> <p>Período curto de florescimento (5 a 7 dias)</p> <p>Apresenta uniformidade de maturação de vagens</p> <p>Ciclo super precoce ou precoce (65 a 75 dias)</p> <p>Bom potencial produtivo</p> <p>Cultivares destinadas para o sistema de produção de grãos secos</p>
	Tipo II	<p>Haste principal com guias curtas ou longas</p> <p>Porte semiereto</p> <p>Período de florescimento de 10 a 15 dias</p> <p>As vagens não ficam em contato com o solo, boa altura de inserção da primeira vagem, sendo excelentes para a colheita mecanizada</p> <p>Pouca desuniformidade de maturação das vagens</p> <p>Capacidade de compensação quando têm redução do número de plantas na linha de cultivo</p> <p>Ciclo médio a normal (80 a 90 dias)</p> <p>Excelente potencial produtivo</p> <p>Cultivares destinadas para o sistema de produção de grãos secos</p>
Crescimento indeterminado	Tipo III	<p>Grande número de ramificações, plantas prostradas com guias curtas ou longas</p> <p>Período de florescimento longo (15 a 20 dias)</p> <p>Algumas vagens ficam em contato com o solo</p> <p>Apresenta desuniformidade de maturação de vagens</p> <p>Capacidade de compensação quando tem redução do número de plantas na linha de cultivo</p> <p>Ciclo médio a normal (80 a 90 dias)</p> <p>Excelente potencial produtivo</p> <p>Cultivares destinadas para o sistema de produção de grãos secos</p>
	Tipo IV	<p>Grande desenvolvimento da haste principal (2 a 3 metros)</p> <p>Porte trepador</p> <p>Floração muito longa</p> <p>Grande desuniformidade de maturação das vagens</p> <p>Ciclo longo (mais de 100 dias)</p> <p>Colheita manual e parcelada</p> <p>Cultivares destinadas para o sistema de produção de vagens verdes</p>

Segundo Soltani et al. (2016) as plantas de hábito de crescimento Tipo II ainda são subclassificadas como Tipo IIa (plantas de crescimento indeterminado completamente eretas) e Tipo IIb (plantas de crescimento indeterminado trepadeiras).

Conforme a informação supracitada, compreender os tipos de crescimento do feijoeiro é fundamental para saber, além do seu potencial produtivo e características qualitativas do grão, qual é a capacidade competitiva da cultivar, de tal forma o produtor possa escolher a cultivar que auxilie no controle da comunidade infestante (será relatado detalhadamente na parte 2.4.3.).

2.1.3. Estádios fenológicos

Lemos et al. (2015) afirmaram que o conhecimento da fenologia do feijoeiro-comum é relevante para verificar se o desenvolvimento da planta está acontecendo de forma adequada, visando ter uma padronização da informação técnica no campo, e conseqüentemente na tomada de decisão das práticas agrícolas. A escala denominada de “Escala Fenológica” divide o ciclo biológico da planta nas fases vegetativa e reprodutiva. Essas, por sua vez, são subdivididas em dez estádios. A fase vegetativa (V) é constituída dos estádios V0, V1, V2, V3 e V4, e a reprodutiva (R) dos estádios R5, R6, R7, R8 e R9, conforme descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição da escala fenológica do feijão-comum. Adaptado de Oliveira et al. (2018).

Fase vegetativa	
Estádio	Caracterização do início de cada estágio
V0	Germinação (emergência da radícula ou raiz primária)
V1	Emergência (cotilédones expostos acima da superfície do solo)
V2	Folhas primárias (totalmente expandidas)
V3	Primeira folha trifoliolada (totalmente expandida)
V4	Terceira folha trifoliolada (totalmente expandida)
Fase reprodutiva	
Estádio	Caracterização do início de cada estágio
R5	Pré-floração (emissão do primeiro botão ou racemo floral)
R6	Floração (primeira flor aberta)
R7	Formação das vagens (primeira vagem exposta – “canivete”)
R8	Enchimento das vagens (crescimento das sementes na primeira vagem)
R9	Maturação (vagens secas e com coloração amarelada)

Didonet e Carvalho (2014) ressaltaram que a importância das fases fenológicas do feijoeiro baseia-se na possibilidade de associá-las a: recomendações de adubações de cobertura, tratamentos fitossanitários, observação de algum agente biótico (pragas e doenças) ou abiótico (exigência hídrica, fotoperiódica, de calor ou frio), determinação de períodos críticos (importante se o feijoeiro for submetido a algum tipo de estresse) e elaboração e utilização de zoneamento agrícola, possibilitando melhor escolha de locais e épocas de semeadura para cada genótipo.

2.2. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro

A interferência se define como os efeitos que podem exercer as plantas daninhas às plantas cultivadas ou a outras espécies da comunidade infestante. Para facilitar o estudo deste fenômeno a interferência se divide em dois tipos: interferência direta e indireta (Pitelli e Marchi, 1991). A primeira aborda todos aqueles efeitos diretos na cultura, como a competição, a alelopatia, o parasitismo e a contaminação da colheita. O segundo tipo de interferência refere-se aos efeitos não diretos na cultura, por exemplo quando algumas espécies de plantas daninhas atuam como hospedeiras de pragas e doenças ou quando aumenta a possibilidade de incêndios nas áreas com elevadas infestações.

2.2.1. Interferências diretas

2.2.1.1. Competição

Cinco ou sete dias após a semeadura as plântulas de feijão vão emergir e, a partir desse momento, começará a convivência com diversas espécies de plantas daninhas durante período variável que depende de vários fatores. Nos primeiros dias os recursos (água, espaço, luz, nutrientes, dióxido de carbono) são suficientes para a cultura e as plantas daninhas, mas conforme passa o tempo as plantas irão se desenvolvendo mais, ficando os recursos cada vez mais escassos. No momento em que esses insumos forem muito poucos, começará a competição entre a cultura e as

plantas daninhas, resultando maiormente favorável para a comunidade infestante já que possui características de sobrevivência superiores que a cultura.

O sistema radicular pouco profundo e o porte baixo da cultura restringem a exploração do solo, portanto a sua habilidade competitiva por água também é limitada. Consequentemente a competição por água com plantas daninhas é muito prejudicial para a cultura, considerando que existem espécies de porte alto com excepcional produção de biomassa como *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* por exemplo, que poderiam diminuir a quantidade de água disponível no solo. Segundo Karavidas et al. (2022) a disponibilidade limitada de água no solo impacta negativamente na produtividade, componentes da produção (massa de 100 sementes e número de sementes por vagem) e conteúdo de nitrogênio das vagens do feijoeiro-comum. Especificamente os impactos da competição por água podem ser mais lesivos se a cultura convivesse com plantas daninhas no estágio de floração (R6), provocando a queda ou aborto de flores e podendo reduzir em 38% a produtividade (Oliveira et al., 2018).

No que concerne à competição por luz, o feijoeiro não compete bem com as plantas daninhas por esse recurso principalmente nos primeiros estádios de desenvolvimento (V1, V2, V3), podendo constituir-se em fator limitante da produtividade. Condições de escassez de luz por causa das plantas daninhas ou elevada densidade de semeadura, somado ao bom suprimento de água e nutrientes e elevadas temperaturas, vai provocar o estiolamento das plantas de feijão acompanhado de aumento dos entrenós e crescimento vegetativo exuberante, resultando em poucas vagens e grãos por planta (Didonet e Carvalho, 2014). Essa situação pode ser mais acentuada em plantas com hábito de crescimento de tipo III e IV (crescimento indeterminado, prostradas), em comparação às plantas de tipo I (crescimento determinado, eretas), que são mais eficientes no uso da radiação solar. Da Silva Teixeira et. al (2015) determinaram que a cultivar BRS Radiante (tipo I) apresentou maior eficiência de uso da radiação solar, resultando em maior produção de matéria seca ao longo do seu desenvolvimento quando comparada à cultivar Pérola (tipo III).

As plantas daninhas convivendo com o feijão reduzem tanto a quantidade quanto a qualidade da luz incidente, visto que o maior dossel das plantas daninhas

interceptam mais a energia (em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA). Além disso, a relação da luz vermelha (Red ou R) e vermelha distante (Far Red ou FR), expressa como R:FR, diminui na presença de plantas daninhas, criando-se ambiente escasso de luz provocando diferentes respostas na cultura. Amini et al. (2014) detectaram que o dossel de *Amaranthus retroflexus* acima de diferentes cultivares de feijão-roxo (*Phaseolus vulgaris*) pode afetar a qualidade da luz através da redução da relação em R:FR interceptada pelo feijão, diminuindo seu crescimento e capacidade competitiva. Liu et al. (2009) declararam que uma planta cultivada em ambiente com baixa relação R:FR possui alterações na expressão genica e rotas metabólicas, bem como as seguintes respostas morfológicas e fisiológicas de evitação à sombra (shade avoidance): alongação dos entrenós, incremento da altura e área foliar, reorientação das folhas longe da fonte da baixa R:FR e mudanças no teor de clorofila e a fotossíntese.

O feijoeiro-comum é considerado exigente em fertilidade do solo devido ao ciclo curto e o sistema radicular superficial e pouco desenvolvido. Por isso, é importante que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para as plantas, de acordo com a demanda durante o ciclo (Oliveira et al., 2018). Com relação aos nutrientes absorvidos pelo feijoeiro-comum, Rosolem e Marubayashi (1994) afirmaram que as quantidades médias de nutrientes exportados por 1.000 kg de grãos são: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P, 15,3 kg de K, 3,1 kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S. Adicionalmente, Carvalho (2021) afirmou que na maioria dos solos do Brasil, a reserva de nutrientes não é suficiente para suprir a quantidade exigida pela cultura e exportada na colheita. Portanto, a adubação é indispensável para a manutenção da produtividade do feijoeiro-comum ao longo dos anos.

Levando-se em conta as exigências nutricionais da cultura, os solos com baixo teor de nutrientes e o grande problema que representam as plantas daninhas, o manejo da comunidade infestante e dos fertilizantes se torna fundamental no feijoeiro-comum. Neste último caso, é importante dosar os fertilizantes em função da análise de solo, época de semeadura, análise foliar e absorção da cultura para evitar excessos ou deficiências. Além disso, os nutrientes devem ser aplicados em tempo e local adequados, sem a presença de plantas daninhas.

Coelho et al. (2019) analisaram a interferência de *Commelina diffusa* (trapoeraba) na produção e acúmulo de nutrientes nas cultivares do feijoeiro-comum BRS Pontal, BRS Agreste, BRS Ametista e BRS Estilo, concluindo que o convívio com a trapoeraba influenciou de forma negativa as seguintes variáveis do feijoeiro-comum: teor de clorofila, número de vagens, número de grãos, produção e teor de nitrogênio nos grãos. A redução da absorção e acúmulo de nitrogênio, devido à competição com a trapoeraba, pode ter limitado os componentes da produção, como o número de vagens e grãos, e conseqüentemente a produção total foi comprometida. A trapoeraba causou forte interferência na cultura principalmente por causa do seu fácil estabelecimento, hábito perene, fácil propagação e capacidade de sobrevivência sob condições adversas (Rocha et al., 2007).

A competição por nutrientes entre as plantas daninhas e o feijão-comum, além de afetar a concentração de elementos, reflete também no acúmulo de biomassa pela cultura. Ghamari e Ahmadvand (2013) depois de estudar o desenvolvimento do feijão-comum em períodos crescentes de controle e convivência com as plantas daninhas, concluíram que a biomassa da cultura foi fortemente afetada conforme incrementava a duração dos períodos de convivência com as plantas daninhas. Isso foi fundamentado na redução do índice de área foliar em decorrência da competição.

2.2.1.2. Alelopatia

A alelopatia descreve as interações positivas ou negativas entre as plantas ou microorganismos que convivem em ambiente determinado. Acontece simultaneamente junto com a competição na relação planta-planta ou planta-microorganismo, sendo complexa a separação de ambos os fenômenos na prática. Mas são diferentes com relação à forma de alocação dos recursos que as plantas utilizam: na competição a planta remove ou reduz recursos do sistema (luz, água, nutrientes, espaço, etc.) e na alelopatia adiciona recursos ao meio, que podem ou não beneficiar as outras plantas ou microorganismos.

O fenômeno tem muitas definições. Talvez uma das mais explicativas seja a proposta pela Sociedade Internacional de Alelopatia ou IAS (1996): “é qualquer

processo que envolve os metabólitos secundários produzidos pelas plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos e agrícolas”. Chang-Hung (2006) menciona que os compostos alelopáticos podem regular o crescimento e desenvolvimento das plantas, envolvendo a fotossíntese, respiração, transpiração, metabolismo bioquímico e, inclusive, a síntese de ácidos nucleicos e bases moleculares de proteínas.

O feijoeiro-comum em convivência com plantas daninhas está sujeito a ter benefícios ou prejuízos por causa da alelopatia. O grau dessas interações depende das espécies e suas densidades na comunidade infestante, tipo de preparo do solo (convencional ou plantio direto), condições edafoclimáticas e o estágio de desenvolvimento tanto da planta que exerce quanto a que sofre a alelopatia.

Diferentes espécies de plantas daninhas e culturas alelopáticas têm sido estudadas por causarem prejuízos no feijoeiro-comum, especialmente na germinação e estádios iniciais da cultura. Ogunsusi et al. (2018) estudaram o potencial alelopático dos alcalóides de *Crotalaria retusa* sobre o feijoeiro-comum. Os resultados mostraram que a maior dose do extrato ocasionou queda de 75% na germinação do feijão-comum. Além disso, as plântulas da cultura apresentaram alta atividade das enzimas superóxido dismutase e catalase, que são marcadores do estresse ambiental, o qual significa que o mecanismo de ação dos alcaloides de *Crotalaria retusa* envolve a indução de estresse oxidativo que gera espécies reativas de oxigênio. Purl e Khara (1991) estudaram as consequências da aplicação de lixiviados de *Eucalyptus tereticornis* na cultura de feijão-comum, não encontrando diferenças significativas na porcentagem de germinação, mas sim houve diminuição do comprimento da radícula e caule e a queda na produção de biomassa de plântulas de feijão-comum, por causa dos lixiviados de folhas verdes e secas de eucalipto.

Por outro lado, há trabalhos que explicam as interações positivas ou neutras de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum, como o apresentado por Rigon et al. (2012) que apontaram a não influência do extrato aquoso de folhas de *Brassica napus* sobre a geminação do feijão-comum, mais sim seu efeito positivo sobre o comprimento do hipocótilo até o 75% de concentração do extrato. Pérez-Peralta et al. (2019) demonstraram que houve estímulo na geminação e alongamento radicular

do feijão-comum submetido às aplicações de lixiviados aquosos da raiz de *Ipomoea purpurea*, independentemente do tempo transcorrido desde a aplicação. Contudo, o crescimento in vitro da bactéria fixadora de nitrogênio *Rhizobium tropici*, foi inibido.

2.2.2. Interferências indiretas

As plantas daninhas podem atuar como hospedeiras alternativas de pragas do feijoeiro-comum. Por exemplo, a mosca minadora (*Liriomyza* spp.), praga que abre galerias serpenteadas entre a epiderme superior e inferior das folhas, tem mostrado preferência de alimentação nas plantas daninhas do que em outros tipos de plantas. Segundo Weintraub et al. (2017) em diversos países do Sul América e da Ásia do Leste, a maioria das espécies onde foi encontrada a mosca são plantas daninhas como *Amaranthus retroflexus*, *Galinsoga parviflora*, *Conyza bonariensis*, *Trianthema portulacastrum*, *Chenopodium murale*, *Stellaria media*, entre outras.

Outra praga muito comum na lavoura é a “vaquinha” (*Diabrotica speciosa*), que desfolha a cultura, reduzindo a área fotossintética, sendo os danos mais significativos no estágio V2, pois pode consumir a gema apical, causando a morte da planta. Tem comportamento cosmopolita, ou seja, pode ser encontrada amplamente em grande diversidade de plantas. Frizzas (1998) reportou a vaquinha como a única praga predominante em todas as plantas daninhas avaliadas durante a entressafra da soja e do milho. As espécies de daninhas citadas foram: *Alternanthera tenella*, *Crotalaria incana*, *Crotalaria juncea*, *Digitaria insularis*, *Indigofera hirsuta* e *Parthenium hysterophorus*.

A lagarta *Spodoptera frugiperda* corta as plântulas rente ao solo, podendo consumir também as sementes. Moraes et al. (2020) verificaram que a sobrevivência e a biomassa desta praga foram maiores em capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), milho e capim-massambará (*Sorghum verticilliflorum*). Por outro lado, buva (*Conyza* spp.), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e caruru (*Amaranthus hybridus*) causaram diminuição na aptidão de *S. frugiperda*. Outras espécies do mesmo gênero têm sido estudadas com relação a sua preferência alimentar. Borba (2018) estudou o desenvolvimento e preferência alimentar de *Spodoptera cosmioides* e *Spodoptera eridania* em feijão-comum e a

planta daninha língua-de-vaca (*Rumex obtusifolius*), encontrando que ambos os insetos apresentaram preferência alimentar pela língua-de-vaca, sendo esta planta mais atrativa às lagartas de terceiro ínstar.

Finalmente, de acordo às evidências apresentadas, a persistência das pragas em plantações de feijão-comum está intimamente relacionada à ineficiência ou não controle das plantas daninhas, portanto o manejo integrado de pragas e plantas daninhas torna-se necessário na produção desta cultura visando a obtenção da produtividade máxima.

2.2.3. Efeitos da interferência de plantas daninhas

Os efeitos da convivência com as plantas daninhas ocorrem em diversas características morfológicas e fisiológicas do feijoeiro, que irão refletir necessariamente na quantidade e qualidade da sua produção. McKenzie-Gopsill et al. (2020) estudaram as respostas fotossintéticas do feijoeiro-comum com relação à duração de períodos livres e mantidos com plantas daninhas sob condições de campo na Canada, em solo Humo-Ferric Podzol. Os resultados indicaram que a presença da comunidade infestante (*Amaranthus powellii*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Setaria glauca*, *Spergula arvensis*, *Stellaria media*, *Sinapis arvensis* e *Echinochloa crus-galli*) no cultivo do feijoeiro-comum induziu o SAR (shade avoidance response ou resposta de evasão de sombra), reduziu a assimilação de CO₂ e a eficiência fotossintética por meio de limitações bioquímicas do ciclo de Calvin. Finalmente houve queda de 20% na produtividade do feijoeiro o maior período de convivência (71 DAE), em comparação à testemunha livre de plantas daninhas.

Ghamari e Ahmadvand (2013) avaliaram o efeito da competição de *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus blitoides*, *Convolvulus arvensis*, *Echinochloa crus-galli*, *Sonchus arvensis* e *Setaria viridis* sobre diferentes aspectos do desenvolvimento do feijoeiro-comum. O estudo foi conduzido sob condições de campo no Irã em solo franco com baixo conteúdo de matéria orgânica. Os tratamentos incluíram períodos com e sem controle de plantas daninhas até 0, 10, 20, 30, 40 e 50 DAE em delineamento em blocos inteiramente casualizado com

três repetições. A biomassa da cultura, a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de assimilação neta (TAN) declinaram progressivamente conforme aumentava o período de interferência. Desde que a TCR e TAN representam o potencial fotossintético e o acúmulo de matéria seca da cultura, a redução dessas variáveis podem ser a principal causa da perda de produtividade do feijoeiro.

O principal efeito da interferência das plantas daninhas com o feijoeiro-comum é a queda da produção, com perdas de 12-80% (Karavidas et al., 2022), por causa da afetação de todos ou alguns dos elementos que contribuem na produção como o estande, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de cem ou mil sementes, entre outros. O estudo de Esmailzadeh e Aminpanah (2015) visou avaliar o efeito da época de semeadura e do arranjo espacial na produtividade do feijoeiro-comum com e sem infestação de plantas daninhas, encontrando que o número de vagens por planta, número de sementes por planta, massa de cem sementes e o comprimento das vagens diminuíram em 8,9%, 6,7%, 6,5% e 4,2%, respectivamente, quando a comunidade infestante conviveu todo o ciclo com a cultura em comparação à condição de controle permanente de plantas daninhas. Mengesha et al. (2015) e Baker et al. (2021) reportaram diminuições maiores de 9% no número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de cem sementes do feijoeiro-comum convivendo todo o ciclo com plantas daninhas, em relação ao tratamento livre dessas plantas.

No que concerne aos efeitos da convivência com plantas daninhas na qualidade culinária do feijão, tem se reportado alguns prejuízos na cultura mas não muito expressivos, provavelmente pelo fato da qualidade estar mais influenciada à cultivar. De acordo com isso, os programas de melhoramento genético do feijão estão principalmente focados no desenvolvimento de genótipos com elevada produtividade e ótima qualidade dos grãos (Pagnoncelli et al., 2018), escolhendo-se cultivares que apresentem menor tempo de cozimento ou características relacionadas como o rápido tempo de hidratação e a maior relação de hidratação, que é a capacidade de absorver água do grão (Coelho et al., 2008) .

Por outro lado, a qualidade nutricional pode ser fortemente afetada pela interferência da comunidade infestante, visto que na competição as plantas daninhas têm maior vantagem do que o feijoeiro na exploração do solo e absorção de

nutrientes, podendo ser acentuada essa vantagem com a inoculação de organismos simbióticos. Rashidi et al. (2021) investigaram em casa de vegetação se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) mudam a competição entre o feijão-comum e as plantas daninhas *Solanum nigrum*, *Digitaria sanguinalis* e *Ipomoea purpurea*. Os autores encontraram que a colonização das espécies de FMA pode beneficiar às plantas daninhas estudadas, prejudicando a produtividade do feijoeiro. Além disso, na presença das plantas daninhas no ambiente inoculado com FMA o teor de proteína total das vagens tendeu a diminuir, levando à baixa qualidade dos grãos.

A qualidade física do feijão pode ser também prejudicada pela presença da comunidade infestante, ocasionando depreciação da produção por contaminação com sementes de plantas daninhas. Segundo Soltani et al. (2018) as plantas daninhas reduzem a eficiência da colheita e contaminam a produção, o qual afeta fortemente a qualidade do grão. Essa eficiência é afetada por causa da maior quantidade e tamanho das plantas daninhas, demorando a debulha das vagens e processando a trilhadora mecânica menos plantas de feijão.

Se bem a convivência com plantas daninhas pode depreciar a qualidade culinária, nutricional e física do feijão, a qualidade fisiológica da semente é pouco ou nada afetada. Características fisiológicas da semente como a porcentagem final de germinação, a primeira contagem de germinação, o índice de velocidade de germinação, o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica não foram diminuídas ou tiveram pouca variação no tratamento sem controle de plantas daninhas, em comparação aos demais tratamentos com aplicações de herbicidas (Pinto et al., 2014; Parreira et al., 2015b) e ao tratamento com capinas todo o ciclo do feijão (Da Costa et al., 2013).

2.3. Períodos de interferência das plantas daninhas no feijoeiro-comum

Em campos de produção do feijoeiro ou qualquer outra cultura as plantas daninhas ingressam a área por diversos meios como a água de irrigação (quando o sistema é por sulcos), o vento (algumas espécies da família Asteraceae produzem sementes com estruturas aladas), o uso de maquinaria ou sementes da cultura contaminada, etc.; constituindo assim o banco de sementes no solo que representa

o reservatório de plantas daninhas potencialmente infestantes. Portanto, é inevitável a presença destas plantas ao longo do ciclo da cultura, porém terão maior ou menor importância dependendo do momento de emergência e se houver ou não competição. Os intervalos de tempo no qual pode ou não ocorrer interferência são chamados de períodos de interferência e seu conhecimento é substancial para planejar o manejo das plantas daninhas, já que o controle não ocorre todo o ciclo da cultura, senão no momento em que a cultura é muito sensível à presença dessas plantas.

No início do desenvolvimento a cultura e as plantas daninhas podem conviver por um determinado período sem que ocorram prejuízos sobre a produtividade da cultura. Durante esta fase, o meio é capaz de fornecer os recursos necessários para o crescimento da cultura e da comunidade infestante. Essa fase é denominada de período anterior à interferência (PAI) e nesta etapa não há necessidade de adoção de práticas de controle. Já no final do PAI será importante iniciar algum tipo de controle das plantas daninhas (Brighenti e Oliveira, 2011). Alguns estudos reportaram valores de PAI em feijoeiro-comum de 5 e 30 (Mielle et al., 2019), 3 e 46 (Oliveira et al., 2019), 9 e 10 (Parreira et al., 2015a) e 29 e 38 DAE (Parreira et al., 2013).

Pitelli e Durigan (1984), definiram o período total de prevenção à interferência (PTPI) como o intervalo de tempo a partir da emergência ou do plantio em que a cultura deve ser mantida livre da presença da comunidade infestante, para que sua produtividade, qualidade da produção ou outra característica, não sejam alteradas negativamente. As plantas daninhas que emergirem depois do PTPI não causam danos significativos à cultura. Os valores do PTPI no feijoeiro-comum 31, 18 e 29 DAE foram determinados por Barroso et al. (2012), Borchardt et al. (2011) e Stagnari e Pisante (2011), respectivamente.

Entre o PAI e PTPI existe o período crítico de prevenção à interferência (PCPI), definido como o período durante o qual a presença de plantas daninhas acarreta o maior efeito negativo na produtividade, sendo portanto obrigatória a execução de algum método de controle dessas plantas. A importância do PCPI é exemplificada pelo grande número de experimentos a campo demonstrando perdas significativas da produtividade em milho (5–26%), soja (5–27%) e feijoeiro-comum

(60–80%), devido ao atraso no controle da comunidade infestante nesse período (McKenzie-Gopsill et al., 2020). Alguns valores do PCPI na cultura do feijão-comum reportados na literatura são: 50 dias (Schiesel et al., 2019), 36 dias (Odero e Wright, 2018) e 7 dias (Bressanin et al., 2013b) .

Como visto, a extensão dos períodos de interferência no feijoeiro-comum é variável, dependendo da espécie de planta daninha, da densidade, acúmulo de massa seca e frequência da espécie, do banco de sementes, do local ou época de plantio, da cultivar do feijoeiro, do manejo agrônomico e do surgimento de resistência aos herbicidas. A intervenção desses fatores explica a diversidade de resultados de duração dos períodos de interferência, sendo portanto complexa sua comparação.

A aplicação prática dos períodos de interferência visa planejar de forma mais eficiente as estratégias de controle de plantas daninhas. Por exemplo, se o controle for químico, o herbicida pré-emergente adequado deverá ter um período de residualidade próximo ou igual ao PTPI. No caso seja necessário usar um herbicida pós-emergente seletivo para o feijoeiro ou fazer capinas, então o momento de aplicação será no final do PAI ou no início do PCPI até o final desse período, se necessário.

2.4. Fatores que influenciam a interferência

A convivência das plantas daninhas com o feijão-comum terão diferente impacto dependendo de algumas condições como a duração da interferência, as espécies de plantas daninhas e seu respectivo valor de importância relativa, a capacidade competitiva da cultivar do feijoeiro, as condições edafoclimáticas, o momento de emergência da planta daninha, o manejo agrônomico, entre outras. Em seguida serão abordados alguns dos fatores que intervêm na interferência das plantas daninhas na cultura do feijão-comum.

2.4.1. Comunidade infestante

2.4.1.1. Composição específica

As plantas daninhas que causam maior interferência na produção do feijoeiro-comum no Brasil são: *Bidens pilosa* (picão-preto), *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada), *Euphorbia heterophylla* (leitero), *Amaranthus* spp. (caruru), *Cenchrus echinatus* (timbete), *Commelina benghalensis* (trapoeraba) e *Digitaria horizontalis* (capim-colchão) (Cobucci, 2014). Em clima árido, ausência de precipitações, solos básicos e arenosos (condições do litoral peruano), são plantas daninhas importantes na produção do feijão-comum: *Sorghum halepense*, *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata*, *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon*, *Amaranthus dubius*, entre outras.

Dentre da comunidade infestante que convive com o feijoeiro-comum as espécies mais importantes podem ser identificadas e organizadas pelo conhecimento prévio de suas características de sobrevivência, propagação, liberação de aleloquímicos, ciclo de vida, crescimento, absorção e aproveitamento de nutrientes, formação de dossel (com o consequente sombreamento e afetação das espécies vizinhas), etc. Outra forma de classificar as espécies é por meio da análise fitossociológica em termos de densidade, frequência, dominância e importância relativa, as quais caracterizam adequadamente a participação de cada espécie em uma comunidade infestante. Esses parâmetros são calculados seguindo a metodologia de Mostacedo e Fredericksen (2000) ou Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e permitem construir o “ranking” por importância de espécies.

A interferência das plantas daninhas no feijoeiro-comum terá diferente intensidade de acordo às características próprias de cada espécie. Por exemplo, Cury et al. (2013) afirmaram que plantas do gênero *Urochloa* ou *Brachiaria* ocasionam forte competição com o feijão-comum até os 45 dias após a semeadura, afetando a nutrição, número de folhas, ramos e o sistema radicular, em decorrência da intensa produção de perfilhos e massa seca da espécie (acima de $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ em densidades de 5 e 25 plantas m^{-2} , segundo Velho et al. (2012). *Amaranthus retroflexus* (caruru) ocasiona interferência no feijoeiro-comum por causa da sua elevada prolificidade, tamanho de planta e eficiência metabólica. Segundo CABI

(2021) uma planta sadia de caruru pode produzir entre 230.000 e 500.000 sementes, muito pequenas e fáceis de dispersar pelo vento, animais e na colheita de culturas de grãos, como o feijão-comum. Adicionalmente, a espécie possui o metabolismo C4, fazendo-a mais eficiente na produção de carboidratos. Etminani et al. (2021) evidenciou a grande capacidade de competição dessa espécie, resultando na redução da produtividade, índice de área foliar, taxa de crescimento e teor de clorofila do feijoeiro-comum quando conviveu com apenas 2 plantas de caruru m⁻².

2.4.1.2. Densidade

O grau de interferência também se relaciona à densidade da comunidade infestante já que um elevado número de indivíduos por unidade de área disputarão os mesmos recursos que a cultura, portanto a interferência será maior. Logo o conhecimento da densidade de plantas daninhas necessária para que a competição ocorra é essencial em estudos de interferência e também no manejo da comunidade infestante.

Bressanin et al. (2013b) estudaram em condições de campo a influência do período de emergência e densidade de *Raphanus raphanistrum* sobre diversas características do feijoeiro-comum cultivar 'Rubi', demonstrando que não houve influência dos períodos de emergência da planta daninha sobre o desenvolvimento da cultura, no entanto densidades de 2 a 8 plantas m⁻² exerceram reduções na área foliar, massa seca de folhas e massa fresca das vagens do feijão. Freitas et al. (2019) analisaram a interferência de *Urochloa brizantha* (braquiária) no feijoeiro-comum fertilizado ou não com fósforo, obtendo, na média da presença e ausência de fertilizante, menor altura, número de folhas e massa seca do feijoeiro quando competiu com duas plantas de braquiária em comparação com a cultura livre da planta daninha.

O trabalho de Machado et al. (2015) objetivou estudar o impacto da interferência de *Euphorbia heterophylla* (leiteiro) em diferentes densidades sobre o rendimento do feijoeiro-comum e seus componentes e o nível de dano econômico (NDE), comprovando que as perdas de rendimento da cultura foram diretamente proporcionais à densidade da planta daninha. Além disso, cada planta de leiteiro

reduziu em 5,15% o rendimento de grãos, sendo o NDE < 3,3 plantas m⁻².

Etminani et al. (2021) estudaram o efeito de duas densidades de *Amaranthus retroflexus* sobre a massa seca, a produtividade, índice de área foliar e a taxa de crescimento do feijão-comum. Os resultados evidenciaram a diminuição de 20 e 40% na massa seca do feijoeiro em convívio com 2 e 14 plantas m⁻² de caruru, respectivamente. Além disso, as outras características também foram reduzidas na convivência com 14 plantas m⁻², em comparação com a cultura livre de caruru.

Conforme relatado, apenas uma espécie de planta daninha convivendo com o feijão pode ocasionar prejuízos na cultura, portanto dois ou mais espécies em diferentes densidades, estádios ou épocas de emergência irão afetar com maior intensidade à cultura dado que potencializa-se sua interferência. Lage et al. (2017) investigaram a interferência do arranjo de *Urochloa plantaginea* (capim-marmelada) e *Bidens pilosa* (picão-preto) no crescimento do feijoeiro-comum, revelando que a última espécie ocasionou mais interferência do que o capim-marmelada. Já o consórcio picão-preto + capim-marmelada (147,5 plantas m⁻² de cada espécie) impactou mais do que as espécies isoladas com o feijão, causando o máximo detrimento da massa seca das folhas, caule, raiz, parte reprodutiva e taxa de crescimento da cultura.

2.4.1.3. Massa seca

Outra característica de grande repercussão na interferência com o feijoeiro-comum é a massa seca das plantas daninhas, apresentada muitas vezes junto com a densidade em trabalhos de matocompetição. A massa seca reflete a habilidade na extração de nutrientes das espécies, complementando os resultados de densidade devido a que, mesmo em pequeno número, algumas espécies podem ocasionar grande interferência por causa dessa alta capacidade extrativa.

Salgado et al. (2007) determinaram os períodos de interferência das plantas daninhas no feijoeiro-comum e incluíram a correlação entre a massa seca da comunidade infestante e a produtividade, mostrando que a produtividade do feijoeiro foi estimada em 2.726 kg ha⁻¹, e, com o aumento da massa seca principalmente de *Alternanthera tenella*, *Blaenvillea rhomboidea* e *Cenchrus echinatus* (acumularam

mais de 550 g m⁻² depois de 70 dias de convivência), essa foi reduzida para 1.041 kg ha⁻¹.

O efeito da massa seca da comunidade infestante é influenciado por diversos fatores como os tratamentos culturais, condições edafoclimáticas, tipo de espécie de planta daninha, entre outros. O estudo de Parreira et al. (2013) exemplifica bem como sob diferentes tipos de manejo de solo, a massa seca das plantas daninhas muda e, portanto, a interferência na cultura também. Os autores avaliaram o PAI no feijoeiro-comum em função da ausência e presença de resíduos vegetais de *Crotalaria juncea*, determinando que a produtividade da cultura na ausência e presença dos resíduos vegetais foi 1.521,41, e 1.737,08 kg ha⁻¹, respectivamente. Com o incremento da massa seca das plantas daninhas as produtividades diminuiram até 617,09 e 958,25 kg ha⁻¹, respectivamente.

2.4.2. Condições edafoclimáticas

O clima e o solo influem na interferência das plantas daninhas, principalmente pelo favorecimento ou desfavorecimento da emergência, crescimento e desenvolvimento das espécies daninhas e a cultura. A temperatura, precipitações e a intensidade da radiação solar são as variáveis que mais influenciam nas plantas, portanto, diferentes locais ou épocas de plantio vão mudar o ambiente para a cultura e plantas daninhas, sendo favorecidas ou prejudicadas dependendo da cultivar do feijão e da composição da comunidade infestante. Por exemplo, locais ou épocas frias que apresentem temperatura mínima de 5 °C favorecem a germinação e estabelecimento de *Raphanus raphanistrum* (Kebaso et al., 2020), por conseguinte a interferência dessa espécie é mais expressiva do que outras espécies que preferem condições mais “quentes”. Em condições áridas, com temperaturas de 27-32 °C e sob estiagem inclusive, o desenvolvimento de *Sorghum halepense* é ótimo (Peerzada et al., 2017), portanto sua infestação é maior do que em épocas frias.

Com relação à influência do solo na interferência, Rana e Rana (2015) afirmaram que a fertilidade, umidade e a reação do solo afetam a competição entre a cultura e as plantas daninhas. Solos com elevada fertilidade usualmente beneficiam mais as plantas daninhas do que à cultura. Além disso, o método e momento de

aplicação de fertilizantes pode determinar se a adição de fertilizantes suprimirá ou vigorizará às plantas daninhas, sendo mais recomendável fertilizar no início do ciclo da cultura, quando as plantas daninhas são pequenas. Por outro lado, sob condições de valores muito extremos de pH, a competição com plantas daninhas intensifica-se, sendo algumas espécies dominantes em solos muito ácidos (*Rumex acetosella*, *Pteridium* spp.) e muito salino-alcálinos (*Taraxacum stricta*, *Agropyron repens*).

As épocas de semeadura implicam condições climáticas diferentes que favorecerão ou não a algumas espécies da comunidade infestante, influenciando assim na sua interferência no feijoeiro-comum. Stagnari e Pisante (2011) avaliaram os períodos de interferência no feijoeiro-comum em 2004, 2005 e 2006, resultando em pobre tolerância da cultura às plantas daninhas em 2005 (os mais baixos valores de PAI) em decorrência dos maiores valores de densidade e biomassa seca das plantas daninhas (principalmente *Chenopodium album* e *Amaranthus retroflexus*). De forma análoga, o trabalho de Barroso et. al (2010) visou avaliar os efeitos de seis espécies de plantas daninhas sobre o crescimento e a produtividade de duas cultivares de feijoeiro, em duas safras, determinando que na safra de inverno-primavera as plantas daninhas apresentaram maior massa seca total e altura e a cultura evidenciou menor produtividade, massa de grãos e número de vagens por planta em comparação à safra da seca. Em outras palavras a safra de inverno-primavera propiciou o melhor desenvolvimento das plantas daninhas em detrimento do feijoeiro-comum.

2.4.3. Habilidade competitiva da cultivar

Apesar de o feijoeiro-comum ser uma planta herbácea, de porte baixo, ciclo curto e, conseqüentemente, ter reduzida capacidade competitiva com as plantas daninhas, a cultura pode adquirir alguma vantagem sobre essas plantas levando em conta o tipo ou hábito de crescimento. Pela arquitetura vegetal, maiormente as plantas tipo I são menos competitivas do que as plantas tipo II, III e IV. Contudo, o manejo adequado do espaçamento de linhas e densidade de plantas deve ser de

acordo com o hábito de crescimento, com o intuito de tornar à cultivar mais competitiva e diminuir os efeitos da interferência das plantas daninhas.

Sabendo que cada cultivar tem crescimento e requerimentos específicos, então terá distinta capacidade de competição com as plantas daninhas. Cury et al. (2013) investigaram os efeitos da competição das cultivares do feijão-comum IPR Colibri, IPR Eldorado e Pérola e as plantas daninhas *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus spinosus*, *Commelina benghalensis* e *Brachiaria plantaginea*, no acúmulo de N, P e K, concluindo que a cultivar IPR Colibri foi a que menos tolerou a competição com plantas daninhas e a cultivar Pérola mostrou a melhor tolerância visto que apresentou maior conteúdo relativo total de N, P e K do que as outras cultivares.

Barroso et al. (2010) analisaram os efeitos de seis espécies de plantas daninhas sobre o crescimento e a produtividade de duas cultivares de feijoeiro-comum, em duas safras, mostrando que a cultivar Rubi foi mais competitiva que a Carioca porque teve maior produtividade na convivência com cada espécie de planta daninha. Adicionalmente, o clima da safra da seca favoreceu a capacidade de competição de ambas as cultivares dado que apresentaram as maiores produções em virtude do menor desenvolvimento das plantas daninhas, em comparação à safra de inverno.

A adoção de cultivares mais tolerantes ou competitivas pode ser estratégia interessante para tornar a produção de feijão-comum mais sustentável, levando em consideração a diminuição das aplicações ou doses de herbicidas. Um trabalho que exemplifica o exposto foi realizado por Oveisi et al. (2021), que teve como objetivo determinar as vantagens do cultivo de misturas de cultivares de feijoeiro-comum na redução da dose de herbicidas. O estudo demonstrou o potencial da mistura de cultivares na diminuição da cobertura de plantas daninhas e o uso de herbicidas, mantendo alta produtividade. A mistura juntou as cultivares Goli (boa capacidade competitiva, porém baixa produção) e Akhtar (boa produtividade, mas muito atrelado com herbicidas) atingindo alta produção com menor dependência dos herbicidas.

2.4.4. Tratos culturais

2.4.4.1. Densidade e espaçamento

A densidade de semeadura (número de plantas por metro linear) e o espaçamento (distância entre as linhas de semeadura) podem incrementar o potencial competitivo da cultura. Dentro de certos limites, o aumento da densidade e a diminuição do espaçamento, leva ao incremento da população ou estande de plantas por hectare que poderia favorecer a capacidade competitiva da cultura. Contudo, em populações muito adensadas a competição intraespecífica pode se estabelecer e a produtividade da cultura será menor em função da grande pressão competitiva (Pitelli, 1987).

Considerando a sua reduzida capacidade competitiva, para que o feijoeiro tenha alguma vantagem sobre as plantas daninhas é fundamental, de acordo com o hábito de crescimento, que se estabeleça o espaçamento adequado, bem como a densidade tanto apropriada como homogênea ao longo do sulco de semeadura. Na prática, o espaçamento adequado é aquele que permite a cobertura total do solo quando a cultura atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo (Cobucci et al., 1999). Coincidentemente, Karavidas et al. (2022) explicaram que um fator crucial para a máxima produtividade do feijão é a determinação do histórico do tempo (em DAE ou graus-dias) para a cultura chegar ao estágio de R6 e R7, visto que a máxima radicação interceptada pela cultura deve ser atingida antes do início desses estádios.

O risco de acrescentar a densidade é de não chegar à produtividade ótima em decorrência da maior competição intraespecífica e maior ocorrência de problemas fitossanitários. Parreira et al. (2011) registraram redução na produtividade do feijoeiro-comum de 16% e 40% nas densidades de 10 e 15 plantas m^{-1} e espaçamento entre linhas de 45 cm. A maior densidade provocou elevada competição intraespecífica, incrementando assim a perda da produtividade. Em contraposição, Mengesha et al. (2015) determinaram em feijoeiro-comum que o menor espaçamento entre linhas e o menor espaçamento entre plantas da linha (30 cm \times 10 cm) diminuiu a densidade e massa seca das plantas daninhas, obtendo

assim a maior produtividade, biomassa aérea e índice de colheita, em comparação aos espaçamentos maiores (30 cm x 15 e 40 cm x 10 cm).

A alta população pode incrementar a tolerância do feijoeiro à convivência com as plantas daninhas, refletindo-se na extensão do período anterior à interferência. Scholten et al. (2011) encontraram no feijoeiro-comum que o maior PAI (27 DAE) foi com espaçamento de 0,45 m e densidade de semeadura 15 plantas m^{-1} quando comparado com espaçamento de 0,60 m e densidade de 10 plantas m^{-1} , que deu um PAI de 13 DAE. Coincidentemente, Parreira et al. (2012) detectaram incremento em 4 DAE do PAI das plantas daninhas no feijoeiro-comum na densidade de 15 plantas m^{-1} e espaçamento de 0,45 m, em relação ao PAI obtido com densidade de 10 plantas m^{-1} e espaçamento de 0,60 m.

Em virtude do possível prejuízo no feijoeiro-comum ao incrementar a densidade de semeadura, outra possibilidade é alterar o arranjo ou organização das plantas sem incrementar a população, com o intuito de tornar à cultura mais eficiente na captação de energia solar e desfavorecer às plantas daninhas, sem comprometer a produtividade. Esmailzadeh e Aminpanah (2015) analisaram o efeito do arranjo espacial (sistema de plantio quadrado e retangular, com espaçamento de plantio de 30 x 30 cm e 45 x 20 cm, respectivamente) sem alterar o estande de plantas por hectare, nas plantas daninhas e a cultura do feijoeiro-comum, detectando menor biomassa seca das plantas daninhas e maior número de vagens por planta, número de sementes por planta, massa de 100 grãos, comprimento da vagem e produtividade de grãos no arranjo quadrado, em comparação às mesmas variáveis no arranjo retangular.

Pelo relatado anteriormente, a regulação do espaçamento e a densidade de semeadura do feijoeiro-comum é fundamental na busca do pleno desenvolvimento do dossel e o máximo aproveitamento da radiação solar pela cultura. Menores espaçamentos e maiores densidades podem beneficiar à cultura acelerando o fechamento do dossel e criando ambiente não favorável para algumas espécies de plantas daninhas, dificultando sua germinação, emergência e seu estabelecimento.

2.4.4.2. Fertilização

A fertilização é essencial para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro-comum e obter ótima produtividade, levando em conta que a cultura é exigente de nutrientes. Esta prática junto com a convivência ou manejo de plantas daninhas pode atenuar os efeitos prejudiciais da interferência, mas os resultados dependerão de diversos fatores tais como a espécie, densidade, massa seca da planta daninha, a quantidade e momentos de aplicação de fertilizante, as fontes de nutrientes aplicadas, entre outros.

Etminani et al. (2021) avaliaram se a adição de adubos orgânicos e inorgânicos pode compensar a interferência de caruru (*Amaranthus retroflexus*) sobre o feijoeiro-comum. Os resultados mostraram que nenhum tipo de adubo evitou a redução de massa seca da cultura quando conviveu com 2 e 14 plantas m⁻² de caruru. Tejada (2016) obteve resultados semelhantes quando aplicou a quantidade mais alta de nitrogênio sem efetuar o controle de plantas daninhas em milho. O fertilizante não remediou o prejuízo na produtividade resultante da interferência de *Nicandra physalodes* e *Setaria verticillata*. Por conseguinte, se o controle de plantas daninhas for deficiente, aumentar a quantidade de adubo é uma prática inadequada para compensar a interferência de plantas daninhas, podendo ocasionar fitotoxicidade, poluição de águas subterrâneas e perdas económicas.

Em sentido oposto à não compensação da interferência aplicando fertilizantes, Bressanin et al. (2013a) avaliaram em feijoeiro-comum cultivar Rubi os efeitos da adubação nitrogenada sobre a duração dos períodos de interferência e a produtividade da cultura, observando que o PAI na área com nitrogênio foi 38 DAE e o PTPI 19 DAE e na área sem nitrogênio o PAI foi aos 18 DAE e o PTPI ocorreu até os 24 DAE, havendo redução de 58% da produção da cultura nessa mesma área. Portanto, a adubação nitrogenada aumentou a produtividade da cultura e a favoreceu competitivamente em relação às plantas daninhas. Nessa mesma linha, Freitas et al. (2019) estudaram a interferência de *Urochloa brizantha* no feijoeiro-comum com e sem fertilização fosforada, determinando que a altura da planta, número de folhas, massa seca e o comprimento radicular da cultura foram maiores no feijoeiro + uma planta de braquiária com fertilização fosforada, quando

comparado à cultura + uma planta de braquiária sem fertilização. Em outras palavras, se a pressão dessa planta daninha for baixa, o grau de interferência no feijoeiro-comum pode ser atenuado com fósforo nas primeiras etapas de desenvolvimento (até os 30 dias após a semeadura).

2.4.4.3. Manejo do solo

O tipo de preparo do solo influencia a composição, dispersão e tamanho da comunidade infestante, acarretando em diferentes graus de interferência nas culturas. Mehmood-UL-Hassan et al. (2020) estudaram o impacto de diferentes sistemas de preparo do solo e consórcios ou rotações de culturas nas plantas daninhas, encontrando melhor supressão da biomassa das espécies *Anagallis arvensis*, *Asphodelus tenuifolius*, *Chenopodium album*, *Cirsium arvense* *Convolvulus arvensis* e *Cynodon dactylon* quando usado o arado de aiveca para o cultivo, seguido pelo consórcio trigo + *Brassica napus* e/ou o consórcio de trigo + grão-de-bico para condições de semiárido no Paquistão.

A rotação de culturas pode alterar, e potencialmente suprimir, a comunidade infestante no feijoeiro já que muda as condições edáficas, hídricas, luminosas, etc. que possibilitam a ocorrência de um grupo de plantas daninhas e o prejuízo de outras. D'Amico-Damião et al. (2020) avaliaram o efeito de sistemas consorciados de milho com braquiária ou crotalária no banco de sementes e na produtividade das culturas ao longo da sucessão de milheto, milho e feijão-comum. O milho solteiro propiciou menor densidade de sementes e plântulas de espécies daninhas tanto no milho quanto no feijoeiro em sucessão. Além disso, o milho + crotalaria acrescentou a produtividade do feijoeiro devido à, entre outros fatores, supressão de *Eleusine indica*.

Com relação às plantas de cobertura, além das vantagens na cultura e solo no sistema de produção de feijoeiro, vale a pena salientar o benefício no manejo de plantas daninhas devido ao efeito físico que exerce a camada de palha, impedindo ou dificultando o desenvolvimento de certas espécies. Além disso, os resíduos vegetais têm efeito alelopático, podendo ser positivo ou negativo tanto para as plantas daninhas quanto para a cultura, com duração do efeito dependente da

quantidade de resíduos e da espécie que aporta a palhada. Finalmente, Hill et al. (2016) asseveraram que durante o cultivo de plantas de cobertura acontece competição direta entre a cultura e a comunidade infestante, podendo se reduzir os ingressos de propágulos para o banco de sementes, diminuindo assim a população de plantas daninhas na cultura do feijão sucessora.

Seidel et al. (2012) avaliaram os efeitos das plantas de cobertura aveia preta (*Avena strigosa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e ervilhaca (*Vicia sativa*) na produção do feijoeiro-comum e no manejo das plantas daninhas. Tanto o nabo forrageiro quanto a aveia preta exerceram supressão da densidade e massa seca das plantas daninhas quando comparadas ao tratamento em pousio, obtendo assim a maior produtividade do feijão cultivado sobre resíduos daquelas espécies de cobertura. De forma similar, Borges et al. (2014) declararam que o uso de *Urochloa ruziziensis* e *Sorghum sudanense* como plantas de cobertura, apresentou alto efeito supressivo sobre as plantas daninhas e boa cobertura do solo, com redução da biomassa seca e densidade das infestantes acima de 90% e com cobertura do solo superior a 80% até o florescimento da soja.

Por outro lado, Vincensi et al. (2011) avaliaram as plantas de cobertura milheto (*Pennisetum glaucum*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) e a adubação nitrogenada no controle de plantas daninhas na cultura do feijão-comum de inverno e irrigado. O uso de crotalária conferiu maior supressão das plantas daninhas *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis*, *Panicum maximum*, *Portulaca oleracea*, *Bidens pilosa* e *Silene gálica*, devido à quantidade de massa no solo, porém a liberação acelerada do nitrogênio da crotalária favoreceu a algumas espécies de plantas daninhas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e condições edafoclimáticas

Experimento A (safra de primavera-verão) e Experimento B (safra de inverno)

Quatro experimentos foram conduzidos sob condições de campo numa área experimental pertencente ao Laboratório de Plantas Daninhas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), município de Jaboticabal, São Paulo (21°15'17"S, 48°19'20"W e 590 m de altitude). Os ensaios foram realizados em duas épocas ou safras: dois experimentos de julho a outubro de 2020 (Experimento A) e dois experimentos de abril a julho de 2021 (Experimento B), correspondendo à safra das águas ou primavera-verão e à safra de inverno, respectivamente.

O clima da região é considerado como do tipo Cwa, segundo classificação de Köppen, com chuvas de verão e inverno relativamente seco (Andre e Garcia, 2015). Os dados climáticos de ambos os anos foram registrados nas Figuras 1 e 2. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico típico de textura argilosa, caulínítico-oxídico (Andrioli e Centurion, 1999). A análise física do solo deu como resultados: 400 g kg⁻¹ de argila, 390 g kg⁻¹ de silte e 210 g kg⁻¹ de areia total. Além disso, as características químicas do solo são mostradas na Tabela 4.

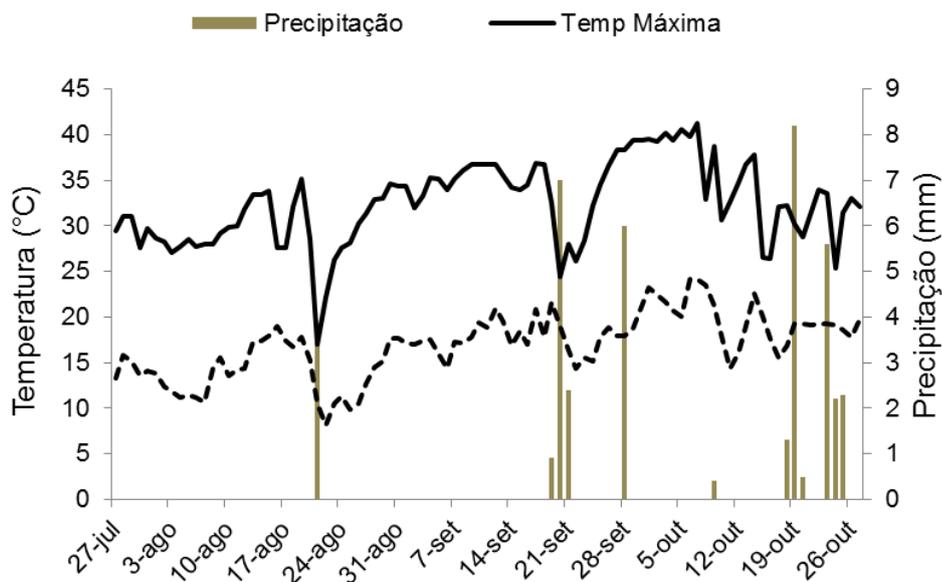


Figura 1. Condições climáticas durante o Experimento A. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP.

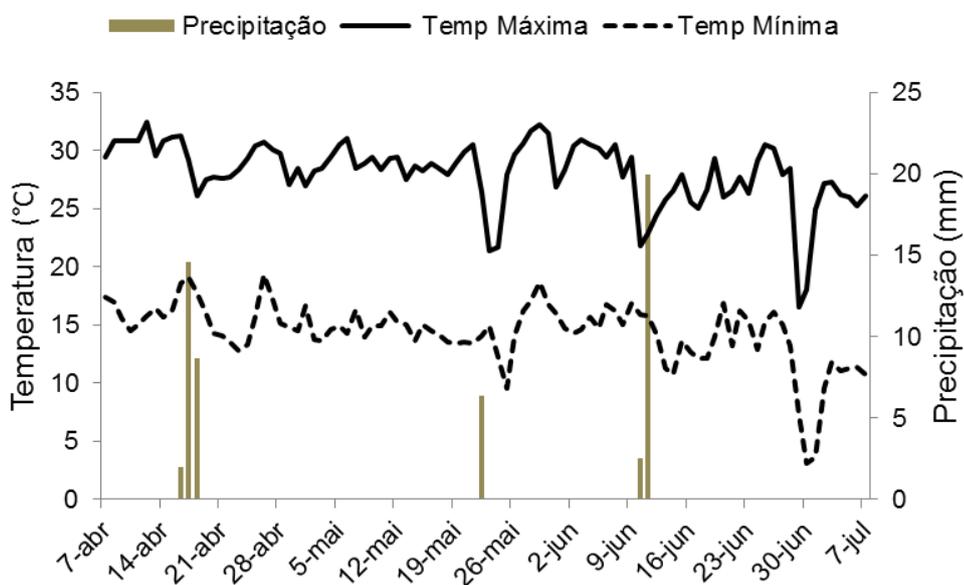


Figura 2. Condições climáticas durante o Experimento B. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP

Tabela 4. Análises do solo para os Experimentos A e B.

Experimento A												
pH	MO	P (resina)	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----								mmol _c dm ⁻³ -----	%	%
5,4	17	16	9	20	9	0,6	0	27	29,7	57,0	52	0
Experimento B												
pH	MO	P (resina)	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----								mmol _c dm ⁻³ -----	%	%
4,6	13	21	7	11	7	4,7	2	23	22,9	46,1	50	7

Experimento C (safra no Peru)

Outros dois experimentos foram instalados em uma área do Campo Agrícola Experimental da Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), no distrito de La Molina (12°05'06" S, 76°57'06" W e 251 m de altitude), província e região Lima, Peru, de janeiro a maio de 2021.

As condições climáticas durante o ensaio são mostradas na Figura 3. O local experimental é tipificado como BWh, segundo a classificação climática de Köppen, característico de regiões áridas com deficiência de precipitações em todas as estações do ano (Arnfield, 2020). Confirmando isto, não houve precipitações durante a condução do experimento (Figura 3).

O solo é do tipo Torrifluent, comum em áreas áridas, arenosas e de altos valores de pH (Soil Survey Staff, 2015). Segundo a análise física, o solo possui 230 g kg⁻¹ de argila, 260 g kg⁻¹ de silte e 510 g kg⁻¹ de areia total. Os resultados da análise química do solo são exibidos na Tabela 5.

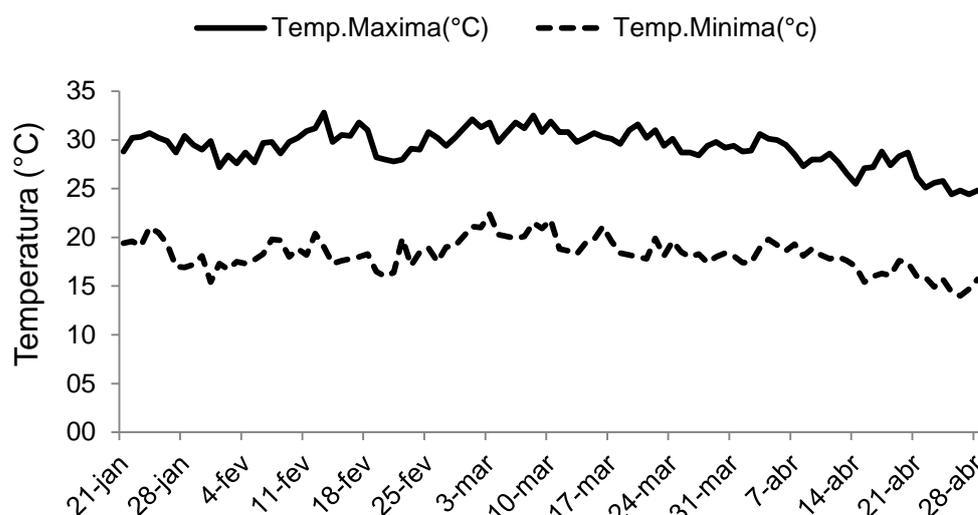


Figura 3. Condições climáticas durante o Experimento C. Fonte: Estação Meteorológica “Alexander Von Humboldt” da Faculdade de Ciências da UNALM, Lima, Peru.

Tabela 5. Análise do solo para o Experimento C.

pH	CE (1:1)	MO	P	K	Ca	Mg	K	Na	H+Al	SB	CTC	V	m
(1:1)	dS/m	g dm ⁻³	---mg dm ⁻³ ---		-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	%	
7,8	0,9	11,4	37,6	294	78,7	13,5	5,4	1,6	0	99,2	99,2	100	0

3.2. Condução dos experimentos

Experimento A (safra de primavera-verão)

A área deste experimento teve como cultura antecessora à soja e no momento do preparo do solo o campo não apresentava restolho dessa cultura.

O preparo do solo foi convencional por meio das seguintes operações: escarificação, aração e gradagem (duas vezes) às profundidades 25 cm, 25 cm e 15 cm, respectivamente. A maquinaria empregada foi o escarificador, arado e grade de discos, com o objetivo de descompactar o solo e formar os espaços necessários para a ótima areação e infiltração da água, favorecendo assim o desenvolvimento das raízes.

A cultivar utilizada foi a TAA Dama, na qual apresenta excelentes atributos de qualidade de grãos e agrônômicos, por exemplo, o tempo de cozimento varia entre 17 a 19 minutos (Leal et al., 2021), longa duração da cor dos grãos e produtividade de 3.555 kg ha⁻¹, valor acima da média dos estados brasileiros produtores de feijão (De Santis et al., 2019). Outras características são mostradas na Tabela 6.

Tabela 6. Lista de descritores da cultivar TAA Dama. Adaptado de MAPA (2021).

Descritor	Detalhamento
Porte	Tipo III
Cor da flor	Uniforme
Cor da vagem na maturação de colheita	Bege
Semente-cor do halo	Branca
Foma da semente	Esférica
Hábito de crescimento	Indeterminado
Cor da vagem na maturação fisiológica	Amarela
Brilho da semente	Opaco
Antocianina no hipocótilo	Ausente
Flor-cor da asa	Branca
Flor-cor do estandarte	Branca
Sementes-venações na testa	Presente
Semente-cor do tegumento	Prata claro (primária) e havana claro (secundária)
Peso de 1000 sementes	283 g
Grupo comercial	Carioca
Comprimento médio da guia	Longo
Ciclo-da emergência ao florescimento	38 dias
Ciclo-da emergência à maturação fisiológica	89 dias

A semeadura foi o dia 27 de julho de 2020 de forma mecanizada (semeadora adubadora Jumil EXACTA air 2640 PD[®]), a uma densidade de 18,5 sementes por metro linear e espaçamento de 0,45 m entre linhas. O desbaste de plantas foi feito aos 15 dias após a semeadura e deixaram-se 10 plantas m⁻¹ em um experimento e 15 plantas m⁻¹ em outro experimento. Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus[®] (carbendazim + tiram) à dose comercial de 3 mL kg⁻¹ de semente (45 g i.a. kg⁻¹ + 105 g i.a. kg⁻¹, respectivamente) com o intuito de protegê-las da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da podridão radicular (*Rhizoctonia solani*).

Em relação à adubação, foi aplicado 200 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, aportando 16, 56 e 32 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A primeira adubação foi mecanizada, aproveitando a semeadora mecânica que enquanto em uma linha soltava as sementes, em outra soltava os fertilizantes. A segunda parte do nitrogênio (144 kg ha⁻¹) foi aplicada em cobertura no estágio fenológico V4, em duas linhas contínuas e a 10 cm da linha de plantas, com o auxílio de uma adubadora manual Cadioli[®] (reservatório de polietileno de 25 L e duas saídas de fertilizante) calibrada para jogar 17,8 g de ureia (45% de N) por metro linear. Logo após a adubação, foi aplicada uma lâmina de irrigação de 15 mm para incorporação.

O sistema de irrigação foi do tipo aspersão, aplicando lâminas de água (50-60 mm ha⁻¹ cada lâmina) de acordo à necessidade da cultura e as condições ambientais, sendo a lâmina acumulada no final do ciclo da cultura em torno a 500 mm ha⁻¹.

As pragas e doenças foram controladas com os seguintes inseticidas, fungicidas e bactericidas: clorpirifós (0,50 g i.a. por formigueiro das formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex*), duas aplicações de piriproxifem (100 g i.a. ha⁻¹) e tiametoxam (50 g i.a. ha⁻¹) para o controle de *Bemisia tabaci*, duas aplicações de piraclostrobina + metconazol (65 g i.a. ha⁻¹ + 40 g i.a. ha⁻¹) para a prevenção dos fungos *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaeoisariopsis griseola* e *Uromyces appendiculatus*. Na aparição dos primeiros sintomas de *Fusarium oxysporum* e *Xanthomonas phaseoli* nas folhas do feijoeiro, foram aplicados duas vezes mancozebe (1600 g i.a. ha⁻¹) e oxicloreto de cobre (882 g i.a. ha⁻¹), controlando-os parcialmente especialmente na densidade de semeadura de 15 plantas m⁻¹.

O dia 26 de outubro de 2020 (91 dias após a semeadura) as plantas tiveram a maturidade suficiente (estádio R9) para realizar a colheita semimecanizada de cada parcela. O processo iniciou com o arranquio manual, amontoamento das plantas no centro das parcelas com as raízes para cima e secagem ao ar livre por dois dias. Quando os grãos tiveram a umidade adequada foi realizada a debulha empregando trilhadora mecânica estacionária. Os grãos foram coletados em sacolas e levados para a pesagem em balança analítica e determinação da umidade de cada parcela com auxílio de determinador portátil de umidade MTG-640[®].

Experimento B (safra de inverno)

A segunda época começou com o preparo do solo convencional (as mesmas operações do Experimento A). Na sequência a semeadura da cultivar TAA Dama foi o dia 7 de abril do 2021, por meio de uma semeadora adubadora Jumil EXACTA air 2640 PD[®], a uma densidade de 18,5 sementes por metro linear e espaçamento de 0,45 m entre linhas, realizando-se o desbaste 15 dias após a semeadura. A área total foi dividida em duas áreas: em uma delas deixaram-se 10 plantas m⁻¹ e na outra área deixaram-se 15 plantas m⁻¹. As sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus[®] (carbendazim + tiram) à dose comercial de 3 mL kg⁻¹ de semente (45 g i.a. kg⁻¹ + 105 g i.a. kg⁻¹, respectivamente) para prevenção da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da podridão radicular (*Rhizoctonia solani*).

No que concerne à fertilização, a primeira adubação foi sincronizada com a semeadura (se usou a mesma maquinaria descrita no parágrafo anterior), aplicando 300 kg ha⁻¹ do formulado 4-20-20 que aportou 12, 60 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Na segunda parcela do nitrogênio (148 kg ha⁻¹) foi aplicada ureia em cobertura no estágio fenológico V4, em duas linhas contínuas e a 10 cm da linha de plantas, empregando uma adubadora manual Cadioli[®]. Logo após a adubação, foi aplicada uma lâmina de irrigação de 15 mm para a incorporação respectiva.

O sistema de irrigação foi do tipo aspersão, aplicando lâminas de água (50-60 mm ha⁻¹ cada lâmina) de acordo à necessidade da cultura e as condições ambientais, sendo a lâmina acumulada no final do ciclo da cultura em torno a 450 mm ha⁻¹.

As pragas e doenças foram controladas com os seguintes inseticidas e fungicidas: clorpirifós (0,50 g i.a. por formigueiro) para o controle de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex*, duas aplicações, nos primeiros estádios da cultura, de acetamiprido (60 g i.a. ha⁻¹) misturado com clorotalonil (1.440 g i.a. ha⁻¹) para o controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*) e a prevenção da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), respectivamente. Na pre-floração do feijão, observaram-se folhas com sintomas iniciais da mancha angular e da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), sendo controladas com oxicleto de cobre (1.176 g i.a. ha⁻¹) e mancozebe (1.600 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. Uma última aplicação de oxicleto

de cobre ($1.176 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi realizada para a prevenção da mancha angular nas vagens e acetamiprido ($60 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) para o controle de um surto de mosca branca.

A colheita foi o dia 6 de julho de 2021 (90 dias após a semeadura) no estádio R9, momento no qual as plantas atingiram a maturidade suficiente. O processo iniciou com o arranquio manual, amontoamento das plantas no centro das parcelas com as raízes para cima e secagem ao ar livre por dois dias. Quando os grãos tiveram a umidade adequada foi realizada a debulha empregando trilhadora mecânica estacionária. Os grãos foram coletados em sacolas e levados para a pesagem em balança analítica e determinação da umidade com auxílio de determinador portátil de umidade MTG-640[®].

Experimento C (safra no Peru)

Anteriormente ao feijão foi plantada ervilha na área do experimento no Peru, mas depois dessa cultura, o campo foi deixado em pousio dois meses.

Sete dias antes do preparo do solo o terreno foi irrigado por inundação para facilitar o trabalho da maquinaria. O sistema de preparo foi convencional, fazendo uso de arado de discos (revolvimento a 25 cm de profundidade), grade de discos (destorroamento a 15 cm) e sulcador de três ponteiras.

Foi semeada a cultivar Canario 2000-INIAA, de bom potencial de rendimento, grãos amarelos grandes (graúdo) de boa qualidade comercial, fácil cozimento e bom sabor. Contudo, a principal razão da boa aceitação dessa cultivar é a sua resistência à ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e virose do feijão (Bean Common Mosaic Virus ou BCMV), doenças extremamente prejudiciais à cultura devido ao forte decréscimo da produtividade e alto custo de controle. Essa e outras características são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7. Características agronômicas da cultivar Canario 2000-INIAA. Adaptado de INIA (2004).

Característica	Detalhamento
Hábito de crescimento	Determinado, arbustivo (Tipo I)
Altura média de planta	54 cm
Flor-cor da asa	Lilás clara
Ciclo-da emergência ao florescimento	50 dias
Ciclo-da emergência à maturação fisiológica	90 dias
Ciclo-da emergência à colheita	125 dias
Cor do grão	Amarelo intenso
Peso de 100 sementes	54 g
Número de grãos por vagem	4
Forma da vagem	Curvada
Produtividade potencial	2.595 kg ha ⁻¹
Aceitação comercial	Muito boa
Vírus Mosaico Comum (BCMV)	Resistente
Ferrugem (<i>Uromyces appendiculatus</i>)	Resistente
Nematoide-das-galhas (<i>Meloidogyne</i> spp.)	Suscetível
Mosca-minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	Tolerante

Prévio à sementeira, as sementes foram tratadas com flutolanil + captan (20 g i.a. + 128 g i.a. por cada 50 kg de sementes) para a prevenção do ataque dos fungos *Rhizoctonia solani* (podridão radicular) e *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* (murcha-de-fusarium).

A sementeira foi o dia 21 de janeiro de 2021 de forma manual, usando pá e saco que continha as sementes. O campo foi dividido em duas áreas onde foi semeada densidades diferentes em cada (8 e 12 plantas m⁻¹), com espaçamento entre linhas de 80 cm. As sementes foram colocadas ao lado do camalhão à profundidade aproximada de 5 cm.

A demanda nutricional da cultura foi 60, 80 e 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, valores estimados a partir da análise do solo e a quantidade de nutrientes que a cultura extrai. Os fertilizantes usados foram ureia (45% N), fosfato diamônico (18% N e 46% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), todos misturados e aplicados manualmente no estágio fenológico V3, com auxílio de pá e saco.

A irrigação foi realizada por sulcos, aplicando lâminas de água de acordo à necessidade da cultura e as condições ambientais, priorizando cinco períodos críticos da cultura onde a água é fator limitante: V3, R5, R6, R7 e R8. A lâmina total no final do ciclo da cultura foi entre 360-400 mm ha⁻¹.

As avaliações fitossanitárias eram realizadas a cada três ou quatro dias, especialmente durante os primeiros estádios do feijão, reportando-se a presença principalmente da vaquinha (*Diabrotica viridula*) e da broca das axilas (*Epinotia aporema*), nas quais foram controladas com aplicações de alfacipermetrina (10 g i.a. ha⁻¹) e clorpirifos (192 g i.a. ha⁻¹), respectivamente. Mesmo assim as sementes foram tratadas para a prevenção de doenças, a fusariose (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*) apareceu no estágio V2 e R7, tendo de ser controlada com aplicações de hymexazol (168 g i.a. ha⁻¹) em jato dirigido ao colo das plantas.

A colheita aconteceu o dia 26 de abril de 2021 (95 dias após a semeadura), no momento que as vagens apresentaram cor amarela e tornaram-se secas. As plantas foram arrancadas manualmente e deixadas no campo até os grãos atingirem a umidade adequada para a debulha. Depois de 48 horas, as plantas foram levadas para o “Programa de Investigación en Cereales y Granos Nativos”, onde foram batidas com auxílio de trilhadora mecânica. Os grãos foram pesados em balança analítica Sartorius Entris 224i-1S® e a umidade de cada tratamento foi determinada com o medidor portátil Burrows DMC550® no Laboratorio de Semillas “Miguel Paullette del Campo”.

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

Experimento A (safra de primavera-verão) e Experimento B (safra de inverno)

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial, sendo um fator a duração dos períodos (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 80 dias após a emergência ou DAE) e o outro fator o tipo de período (convivência e controle), sendo estabelecidos 14 tratamentos em quatro repetições. Nos tratamentos com convivência, a cultura conviveu com plantas daninhas até os períodos respectivos, depois as parcelas foram capinadas com enxada até a colheita (80 DAE). Nos

tratamentos com controle, foram controladas as plantas daninhas até os períodos estabelecidos, após os quais deixaram-se convivendo com a cultura até a colheita (Tabela 8). Tanto o Experimento A quanto o Experimento B tiveram dois experimentos cada, um com 15 plantas m^{-1} e outro com 10 plantas m^{-1} .

Tabela 8. Períodos de convivência e de controle de plantas daninhas, em dias após a emergência (DAE), que constituíram os tratamentos dos Experimentos A e B.

Tratamento	Períodos de convivência (DAE)	Períodos de controle (DAE)
1	0-10	10-80
2	0-20	20-80
3	0-30	30-80
4	0-40	40-80
5	0-50	50-80
6	0-60	60-80
7	0-80	
8	10-80	0-10
9	20-80	0-20
10	30-80	0-30
11	40-80	0-40
12	50-80	0-50
13	60-80	0-60
14		0-80

A unidade experimental foi uma parcela de cinco linhas de semeadura com 0,45 m de espaçamento entrelinhas e 5 m de comprimento, desprezando-se uma linha de cada lado e 1 m das extremidades como bordadura, ficando uma área útil de 4,05 m^2 onde se realizaram as avaliações. Considerando a quantidade de tratamentos e repetições, houve em total 56 unidades experimentais, totalizando 630 m^2 de área para cada experimento, sem considerar os espaços entre blocos.

Experimento C (safra no Peru)

No caso do Experimento C, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 12 tratamentos em quatro repetições. Do primeiro ao sexto tratamento, a cultura conviveu com plantas daninhas até os períodos correspondentes; depois desses períodos, elas foram controladas com capina até a colheita. Do sétimo ao 12º tratamento a cultura ficou livre de plantas daninhas até os períodos estabelecidos, depois os quais conviveram com a cultura até a colheita (Tabela 9).

Tabela 9. Períodos de convivência e de controle de plantas daninhas, em dias após a emergência (DAE), que constituíram os tratamentos do Experimento C.

Tratamento	Períodos de convivência (DAE)	Períodos de controle (DAE)
1	0-15	15-90
2	0-30	30-90
3	0-45	45-90
4	0-60	60-90
5	0-75	75-90
6	0-90	
7	15-90	0-15
8	30-90	0-30
9	45-90	0-45
10	60-90	0-60
11	75-90	0-75
12		0-90

A unidade experimental foi uma parcela de quatro linhas de semeadura, com 0,80 m de espaçamento entrelinhas e 4 m de comprimento, desprezando-se uma linha de cada lado e 0,5 m das extremidades como bordadura, ficando uma área útil de 4,8 m² onde se realizaram as avaliações. Levando em consideração o número de tratamentos e repetições, houve em total 48 unidades experimentais, totalizando

614,4 m² de área tanto para o experimento com densidade de 8 plantas m⁻¹ quanto para o experimento com densidade de 12 plantas m⁻¹.

3.4. Parâmetros avaliados e análise estatística

3.4.1. Análise fitossociológica das plantas daninhas

No grupo de tratamentos sem controle, foram coletadas amostras de plantas daninhas ao final de cada período de convivência e no grupo de tratamentos com controle, as amostras foram retiradas por ocasião da colheita para os Experimentos A, B e C.

Foi empregado um quadro metálico vazado de 50 cm de lado, o qual foi lançado quatro vezes nas linhas centrais de cada tratamento. As plantas daninhas contidas dentro do quadro foram cortadas rentes ao solo, identificadas, contadas e levadas à estufa de circulação forçada por 72 horas a 70 °C. Os resultados serviram para calcular as frequências, densidades, dominâncias absolutas e relativas, também o índice de valor de importância e o valor de importância relativa de cada espécie, segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), que definiram os seguintes parâmetros:

A densidade relativa reflete a relação porcentual do número de indivíduos de uma população em relação ao número total de indivíduos da comunidade infestante, sendo uma medida da relevância da população em termos do número de indivíduos e foi calculada com auxílio da fórmula:

De. R = $(N_i / N_t) \times 100$, onde:

De. R = Densidade Relativa

N_i = Número de indivíduos de uma espécie

N_t = Número total de indivíduos da comunidade infestante

A frequência mede a relevância da população em termos de ocupação da área em estudo e foi calculada com auxílio da fórmula:

$Fr = (NAi / NAt) \times 100$, onde:

Fr = Frequência

NAi = número de amostras em que ocorre a espécie i

NAt = número total de amostras efetuadas.

A frequência relativa reflete a relação porcentual da frequência de uma população em relação à somatória das frequências de todas as populações. A frequência relativa das populações foi calculada com auxílio da fórmula:

$Fr. R = (Fri / \sum Fri) \times 100$, onde:

Fr. R = Frequência relativa

Fri = Frequência de uma determinada população.

A dominância relativa de uma população de plantas daninhas é definida como a relação porcentual entre a massa seca acumulada por uma população e a massa seca total da comunidade infestante. A dominância relativa foi calculada com auxílio da fórmula:

$Do. R = (Msi / \sum Msi) \times 100$, onde:

Do. R: Dominância relativa

Msi: Massa seca de uma determinada população

O índice de valor de importância (IVI) das populações é o somatório da densidade (De. R), frequência relativa (Fr. R) e dominância relativa (Do. R). O índice de valor de importância foi calculado com auxílio da fórmula:

$IVI = De. R + Fr. R + Do. R$, onde:

IVI: índice de valor de importância;

De. R: Densidade relativa;

Fr. R: Frequência relativa;

Do. R: Dominância relativa.

O valor de importância relativa foi calculado por meio da relação entre o índice de valor de importância de cada espécie e o somatório dos índices de valor de importância de todas as espécies, expressa em porcentagem.

$$IR = (IVli / \sum IVli) \times 100, \text{ onde:}$$

IVli: índice de valor de importância de uma espécie;

IR: importância relativa.

3.4.2. Períodos de interferência

Nos Experimentos A, B e C, após do arranquio na colheita, as plantas foram deixadas a secar ao ar livre e, quando os grãos atingiram a umidade adequada, efetuou-se a debulha mecânica das vagens. A umidade dos grãos foi medida com determinador de umidade e em seguida foram pesados em balança de precisão para o cálculo da produtividade (kg ha^{-1}), corrigindo o valor para os grãos com 13% de umidade.

Com os dados de produtividade se realizaram as análises de regressão não linear, utilizando o modelo sigmoidal de Boltzmann, segundo a fórmula adaptada por Kuva et al.(2001):

$$Y = \frac{(P1 - P2)}{1 + e^{-(X - X_0)/dx}} + P2$$

Onde Y = produtividade de grãos em kg ha^{-1} ; P1 = produtividade máxima nos tratamentos com controle durante o ciclo; P2 = produtividade mínima nos tratamentos sem controle durante o ciclo; X= limite superior do período de convivência ou controle em dias; X_0 = limite superior do período de convivência ou controle, correspondente ao valor meio entre a produtividade máxima e mínima; dx = velocidade de perda ou ganho da produtividade em função ao período de convivência ou controle.

As equações de regressão foram utilizadas para determinar os períodos de interferência considerando perda de 5% na produtividade, comparando o tratamento livre de plantas daninhas durante o ciclo da cultura.

3.4.3. Interferência das plantas daninhas na produtividade e componentes da produção

Foram realizadas análises de regressão dos dados de produtividade com a massa seca das plantas daninhas, quando a cultura conviveu com essas plantas por períodos crescentes nas duas densidades de semeadura nos Experimentos A, B e C.

Apenas para os Experimentos A e B o efeito do tipo (convivência e controle) e duração do período (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 80 DAE) foram testados nos seguintes componentes da produção:

Massa de 100 grãos: Foram contados e pesados 100 grãos de cada parcela. O peso foi corrigido para a umidade do grão de 13%.

Porcentagem de grãos da vagem (em peso): Foram pesadas 10 vagens inteiras e depois os grãos delas, expressando o resultado em porcentagem.

Número de grãos por vagem: Foi contado o número de grãos em 10 vagens na colheita.

3.4.4. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão

Nos Experimentos A e B, após a colheita, os grãos foram acondicionados em sacos de papel e armazenados em temperatura ambiente, para a avaliação da qualidade no Laboratório de Agricultura II, pertencente ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola da FCAV. Os seguintes atributos qualitativos foram analisados:

Rendimento de peneira

Foi empregado o conjunto de peneiras de crivos oblongos Pinhalense®: 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm) e 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm), sendo conhecidas como P11, P12, P13, P14 e P15, respectivamente. Além disso, a base das peneiras serviu para coletar as impurezas das amostras (pedras, sementes partidas, insetos, restolho).

Cada amostra de grãos foi colocada na parte superior da P15, logo após todas as peneiras foram agitadas manualmente para a passagem de grãos através de cada peneira. A porcentagem de grãos retidos foi calculada pela relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso da amostra total de cada parcela. O somatório das porcentagens de grãos retidos em P12, P13, P14 e P15 também foi calculado como forma de expressar a máxima qualidade dos grãos. Após a determinação do rendimento de peneira, as amostras de grãos da P12 foram utilizadas para obtenção dos demais atributos qualitativos.

Tempo de cozimento

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

Tempo de Máxima Hidratação e Relação de Hidratação

Para a determinação da capacidade de hidratação dos grãos, foi utilizada uma proveta com capacidade de 500 ml e copos plásticos com capacidade de 300

ml. Em cada copo, foi colocada uma amostra de 50 g de feijão, previamente selecionados, adicionando-se 200 ml de água destilada. A cada 2 horas, em um intervalo de 18 horas, foram determinados os volumes de água não absorvido pelos grãos, vertendo a água do copo para a proveta. Após a última medição, a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. A Relação de Hidratação foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. O Tempo de Máxima Hidratação dos grãos foi estimado por meio de análises de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (ml) para cada parcela.

3.4.5. Análise estatística

Os gráficos das regressões, comportamento da massa seca e densidade de plantas daninhas, as curvas de regressão de Boltzmann (Experimentos A, B e C) e as interações entre fatores (Experimentos A e B) foram realizados com o programa OriginPro[®] (OriginLab Corporation, 2018).

Nos Experimentos A e B, os resultados dos componentes da produção e qualidade dos grãos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Quando o F foi significativo para interação dos fatores, realizou-se os desdobramentos e gráficos correspondentes. Todos os dados foram analisados com o auxílio do software AgroEstat[®] (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

4. RESULTADOS

4.1. Experimento A (safra das águas ou safra de primavera-verão)

4.1.1. Composição específica da comunidade infestante

Na densidade de 15 plantas m^{-1} (QPM) reportaram-se 19 espécies distribuídas em 13 famílias (Tabela 10), sendo as que mais espécies aportaram: Poaceae (5), Solanaceae (2) e Amaranthaceae (2). A classe eudicotiledônea agrupou o 63% das espécies e a classe monocotiledônea o 37%.

Nos tratamentos com convivência houve 18 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 11 espécies. As espécies comuns em ambos os grupos foram: *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca.oleracea*, *Richardia brasiliensis*, *Nicandra physaloides*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus rotundus*, *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica*, representado o 53% do total da comunidade infestante (Tabela 10).

Na densidade de 10 plantas m^{-1} (DPM) registrou-se 17 espécies distribuídas em 12 famílias (Tabela 11), sendo as que mais espécies aportaram: Poaceae (4), Brassicaceae (2) e Asteraceae (2). A classe eudicotiledônea agrupou o 65% das espécies e a classe monocotiledônea o 35%.

Tabela 10. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	Apaga fogo	X	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Caruru	X	X
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho-de-carneiro	X	
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	Borragem	X	
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Corde de viola	X	
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin e Barneby	Fedegoso	X	
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	X	X
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia	X	X
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Maria pretinha		X
Monocotiledônea				
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeiraba	X	X
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	X	X
Poaceae	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitch.	Capim-marmelada	X	X
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim-carrapicho	X	X
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i> Schumach.	Capim-colchão	X	X
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha	X	X
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Capim-colonião	X	

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

Nos tratamentos com convivência houve 17 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 9 espécies. As espécies comuns em ambos os grupos foram: *Acanthospermum hispidum*, *Blainvillea dichotoma*, *Coronopus didymus*, *Raphanus raphanistrum*, *Richardia brasiliensis*, *Nicandra physaloides*, *Cyperus rotundus*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica*, representando o 53% do total de espécies (Tabela 11).

Tabela 11. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho-de-carneiro	X	X
Asteraceae	<i>Blainvillea dichotoma</i> (Murray) Stewart	Erva palha	X	X
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	Borragem	X	
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Smith.	Mentruz	X	X
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça	X	X
Convolvulaceae	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	Corde de viola	X	
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin e Barneby	Fedegoso	X	
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	X	
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia	X	X
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Monocotiledônea				
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeiraba	X	
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	X	X
Poaceae	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitch.	Capim-marmelada	X	
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim-carrapicho	X	
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i> Schumach.	Capim-colchão	X	X
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha	X	X

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

Na comparação de ambas as densidades, pode se perceber que o experimento DPM tem menor número de espécies (17) do que o experimento QPM (19). As espécies que só ocorreram no ensaio QPM foram: *Alternanthera tenella*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum americanum* e *Panicum maximum*. Já no experimento DPM as espécies que só encontraram-se nessa área foram: *Blainvillea dichotoma*, *Coronopus didymus* e *Ipomoea quamoclit*. As espécies comuns em ambas as densidades foram: *Acanthospermum hispidum*, *Euploca procumbens*, *Raphanus raphanistrum*, *Senna obtusifolia*, *Sida rhombifolia*, *Portulaca oleracea*, *Richardia brasiliensis*, *Nicandra physaloides*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus rotundus*, *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica*, representando o 39% do total de espécies.

De maneira mais específica, nos tratamentos com convivência na densidade QPM houve mais espécies (18) do que na densidade DPM (17). Além disso, no grupo de tratamentos com controle a densidade QPM novamente apresentou maior número de espécies (11) do que a densidade DPM (9).

4.1.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

4.1.2.1. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Em ambas as densidades de semeadura nos tratamentos com convivência, a densidade das plantas daninhas foi maior nos períodos iniciais de convivência e foi diminuindo até o final do ciclo da cultura (Figura 4 e 5).

Na densidade QPM (Figura 4) a máxima densidade de plantas daninhas (250 plantas m^{-2}) ocorreu aos 10 dias após a emergência (DAE) com convivência, apresentando diminuições e acréscimos até os 50 DAE, depois desse período, a densidade diminuiu até a fase final do experimento. As espécies que tiveram maior densidade nos períodos iniciais foram: *Nicandra physaloides* (100 plantas m^{-2}), *Raphanus raphanistrum* (75 plantas m^{-2}) e *Digitaria nuda* (38 plantas m^{-2}).

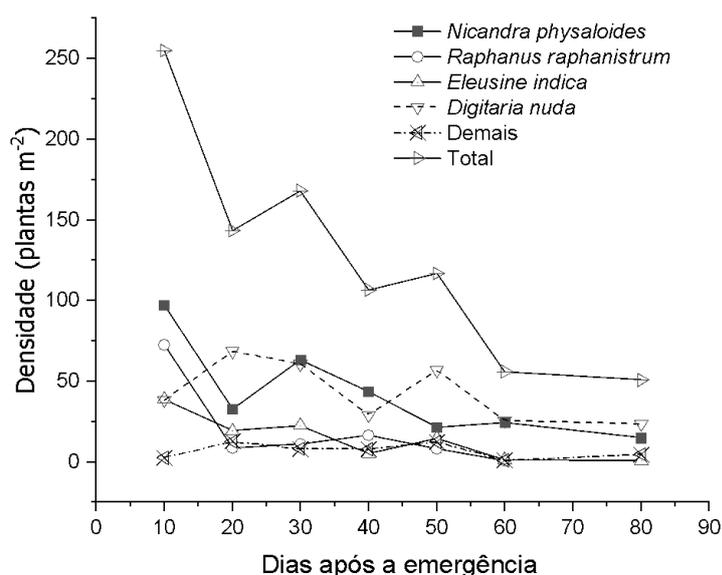


Figura 4. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m^{-1}

No experimento DPM (Figura 5), o máximo valor de densidade de plantas daninhas (170 plantas m^{-2}) foi registrado aos 10 DAE com convivência, diminuindo aos 20 DAE e aumentando aos 30 DAE, depois desse tempo a densidade decresceu acentuadamente até o período final de convivência. As espécies com maior densidade no período inicial foram: *Nicandra physaloides* (84 plantas m^{-2}), *Digitaria nuda* (20 plantas m^{-2}) e *Raphanus raphanistrum* (9 plantas m^{-2}).

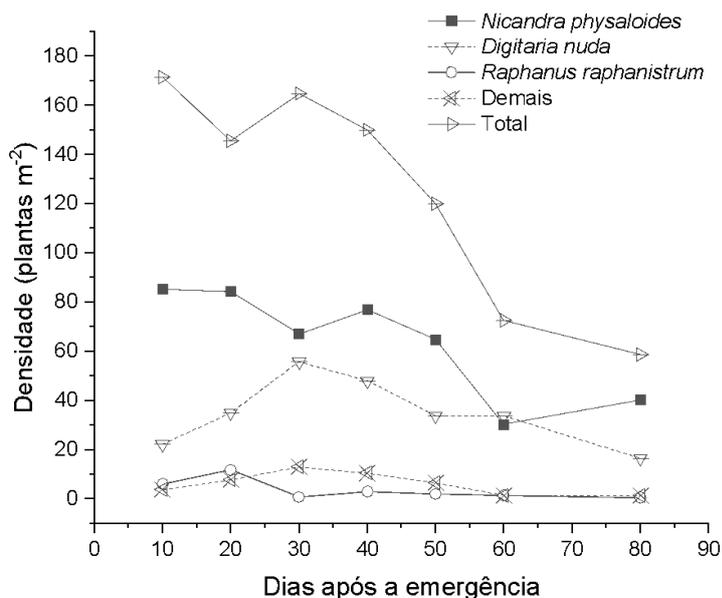


Figura 5. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

Na densidade QPM a máxima quantidade de plantas daninhas (250 plantas m^{-2}) foi a maior quando comparada com a máxima densidade em DPM (170 plantas m^{-2}). De igual forma a média do número de indivíduos de *Raphanus raphanistrum* e *Digitaria nuda* foram superiores na densidade de semeadura QPM, no entanto *Nicandra physaloides* teve densidade média inferior em QPM, em comparação à DPM.

4.1.2.2. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

O comportamento da comunidade infestante em períodos crescentes de controle foi diferente que nos períodos de convivência. Pode-se notar que as

menores densidades de plantas daninhas foram registradas nos tratamentos com controle em comparação com os tratamentos com convivência (Figuras 4, 5, 6 e 7), independentemente da densidade de semeadura.

Já na densidade QPM (Figura 6) se vê incrementos no número de indivíduos total da comunidade infestante depois dos 50 DAE. Espécies como *Digitaria nuda* e *Richardia brasiliensis* têm padrão semelhante à população total, incrementando a densidade depois dos 50 DAE e apresentando *R. brasiliensis* o máximo número de indivíduos aos 80 DAE com capinas (3,75 plantas m⁻²). *D. nuda* foi a espécie com valores de densidade acima das outras espécies. Em contraposição, *Nicandra physaloides* manteve valores por baixo de 2 plantas m⁻² depois dos 20 DAE.

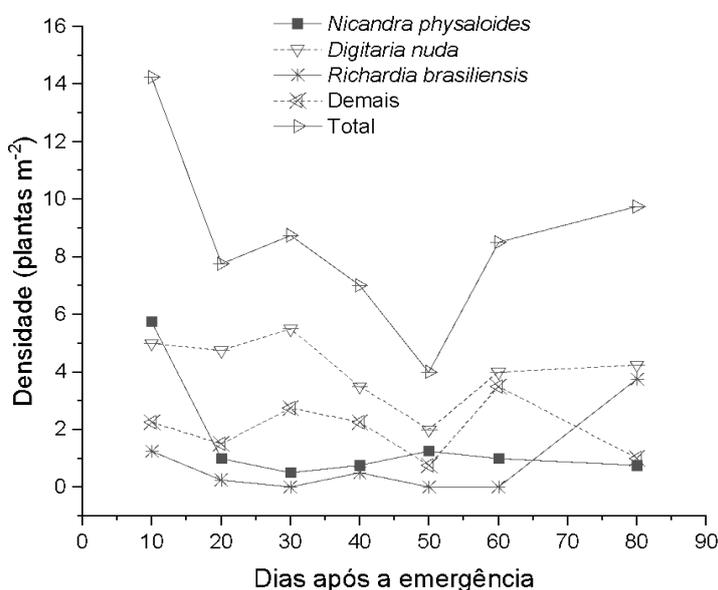


Figura 6. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

Na densidade DPM (Figura 7) o número total de plantas daninhas foi semelhante que na densidade QPM. O maior número de indivíduos aos 80 DAE com controle foi nos tratamentos DPM (13,75 plantas m⁻²) quando comparado com a densidade QPM (10 plantas m⁻²). Nos tratamentos DPM *Nicandra physaloides* foi a espécie que apresentou maiores valores de densidade em comparação com *Eleusine indica* e *Digitaria nuda*.

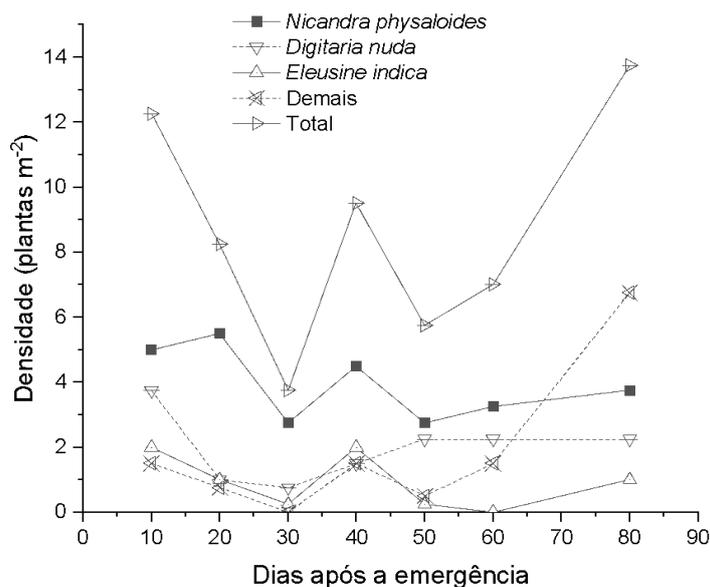


Figura 7. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

De forma geral, as densidades das plantas daninhas tanto no experimento QPM ou DPM, em períodos de convivência ou controle mostraram-se irregulares ao longo dos DAE, com valores decrescentes e crescentes em alguns momentos específicos.

4.1.2.3. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

A massa seca teve comportamento oposto ao visto na densidade das plantas daninhas. Valores crescentes de massa seca foram observados nos períodos de convivência (Figuras 8 e 9) e valores decrescentes nos períodos de controle (Figuras 10 e 11).

O experimento com densidade QPM (Figura 8) apresentou acúmulo intenso da massa seca da comunidade infestante, com valor máximo (338,2 g m⁻²) aos 80 DAE. *Nicandra physaloides* e *Brachiaria plantaginea* destacaram como as espécies com maior produção de massa seca ao longo do ensaio, mostrando *B. plantaginea* o máximo valor aos 80 DAE (151,3 g m⁻²) em comparação às outras espécies. Ambas as plantas daninhas contribuíram com o 83% da massa seca total aos 80 DAE.

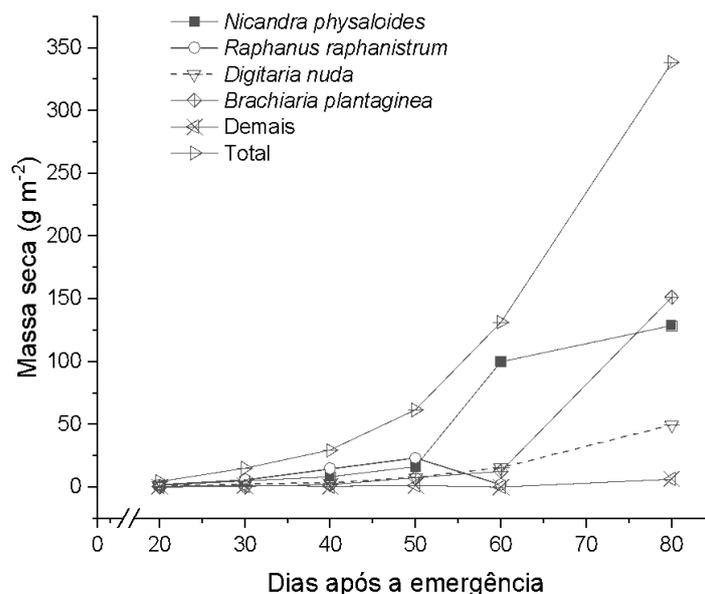


Figura 8. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m^{-1}

Já no experimento DPM (Figura 9), o valor mais alto de massa seca das plantas daninhas ($358,6 g m^{-2}$) foi aos 80 DAE, sendo *Nicandra physaloides* ($340,1 g m^{-2}$ no mesmo período) a principal espécie que contribuiu com o valor total, apresentando valores maiores que nos tratamentos QPM, suprimindo assim às demais espécies no experimento DPM.

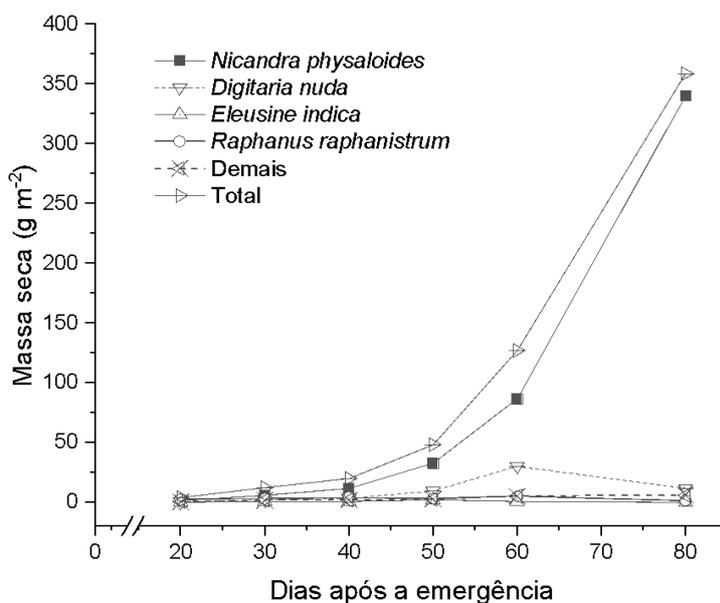


Figura 9. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

4.1.2.4. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Nos tratamentos com controle de plantas daninhas, tanto na densidade QPM quanto a densidade DPM (Figura 10 e 11), a massa seca das plantas daninhas diminuiu conforme as capinas eram mais frequentes.

A maior massa seca total (200 g m^{-2}) foi registrada aos 10 DAE no grupo de tratamentos com densidade QPM (Figura 10). Além disso, as espécies que apresentaram os mais altos valores de massa seca no mesmo período foram *Nicandra physaloides* e *Brachiaria plantaginea*, com 148 e 36 g m^{-2} , respectivamente. A tendência da massa seca em ambas as espécies foi decrescente, porém mostraram leves incrementos aos 40 DAE para *B. plantaginea* e 50 DAE para *N. physaloides*.

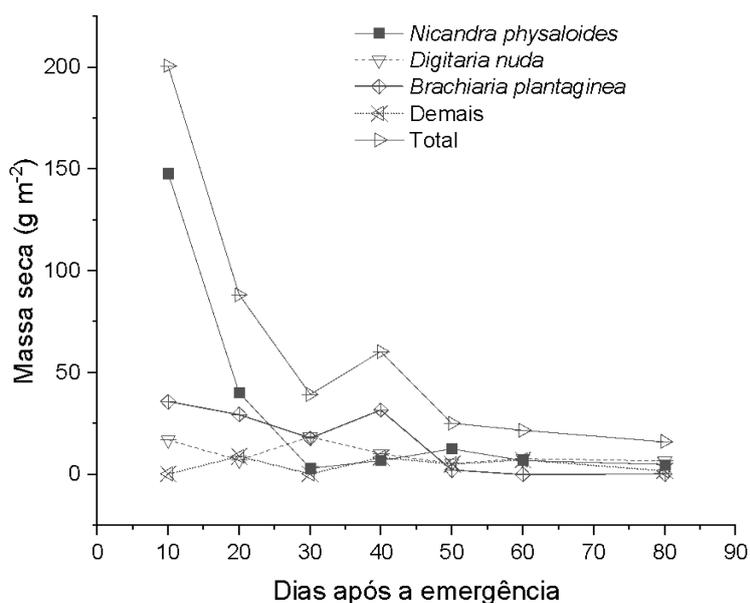


Figura 10. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de $15 \text{ plantas m}^{-1}$

Na densidade DPM (Figura 11), o maior valor de massa seca total (209 g m^{-2}) foi alcançado aos 20 DAE e depois dos 40 DAE a massa seca decresceu até o período final da cultura. *Nicandra physaloides* foi a espécie com valores superiores de massa seca em comparação às outras espécies, no entanto sua massa teve comportamento irregular até os 40 DAE.

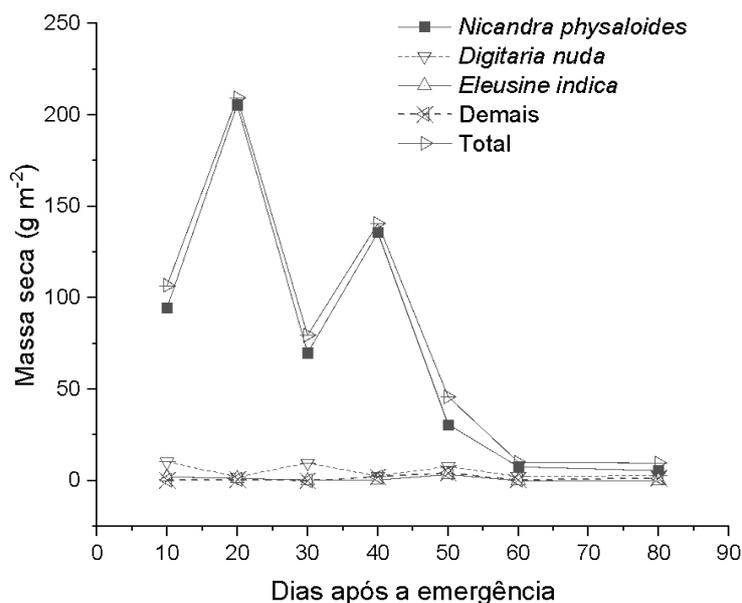


Figura 11. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

A massa seca da comunidade infestante diminuiu fortemente aos 50 DAE em QPM e DPM. Depois manteve-se em valores baixos a medida que aumentava o período de controle, estabilizando-se a partir dos 60 DAE. A redução da massa seca das plantas daninhas aos 80 DAE com controle foi de 92% e 91% para QPM e DPM, respectivamente, quando comparada com a massa seca aos 10 DAE.

4.1.3. Fitossociologia da comunidade infestante

4.1.3.1. Importância Relativa (IR) das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Na densidade de semeadura QPM, *Nicandra physaloides* foi a espécie que apresentou os maiores valores de IR (Figura 12) nos períodos crescentes com convivência, com exceção aos 20 e 50 DAE, momento no qual o maior destaque foi para *Digitaria nuda*, sendo assim as duas espécies que mantiveram altos valores de IR ao longo do experimento. Percebe-se também que a única espécie que mostrou valores de IR com tendência ascendente foi *Brachiaria plantaginea*, alcançando o

terceiro lugar (28%) aos 80 DAE. Caso contrário ocorreu com *Eleusine indica*, tendo valores de IR cada vez menores até o 3% aos 80 DAE.

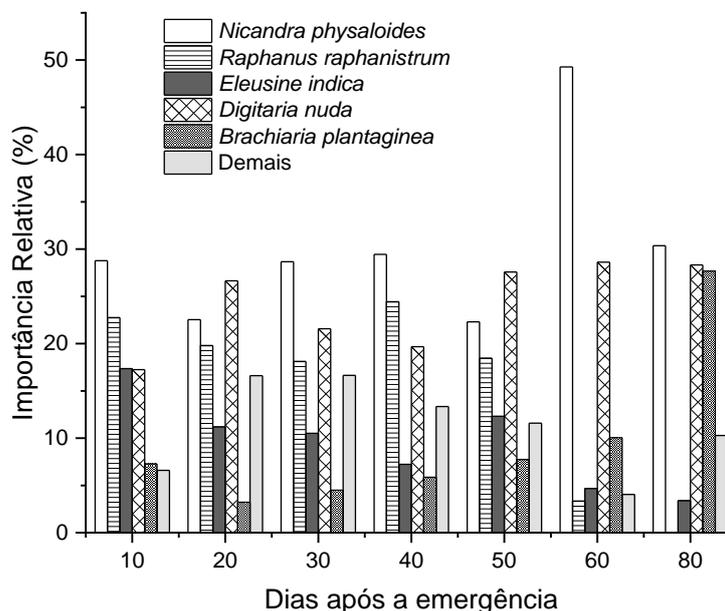


Figura 12. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

No grupo de tratamentos DPM (Figura 13), *Nicandra physaloides* apresentou os maiores valores de IR em todos os períodos, tendo o máximo valor (70%) aos 80 DAE de convivência. Inclusive a IR média (44,4%) foi maior que no experimento QPM (30,2%). Outra espécie relevante foi *Digitaria nuda*, na qual começa a destacar como a segunda espécie mais importante a partir dos 40 DAE, mostrando o máximo valor de IR (33%) aos 60 DAE. No entanto, o maior valor médio de IR dessa espécie foi no experimento QPM (24,2%), em comparação com DPM (21,6%).

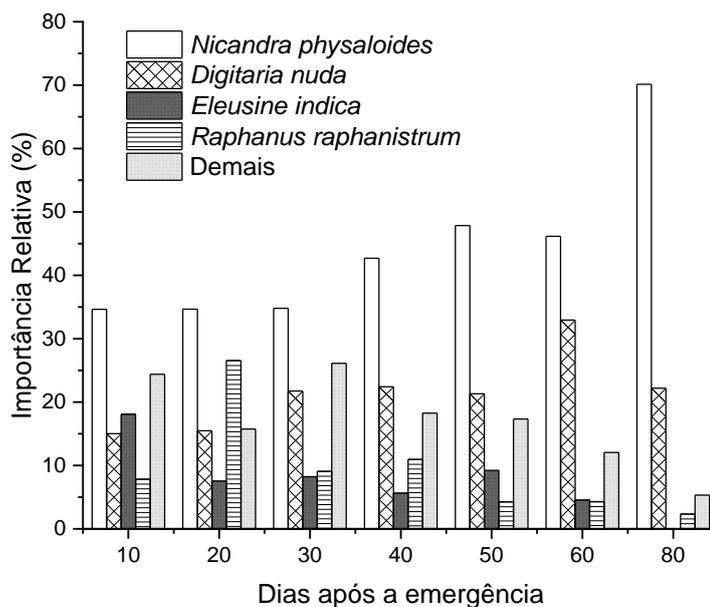


Figura 13. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

Em relação aos tratamentos com convivência todo o ciclo da cultura (testemunha sem controle), pode se ver que apenas uma espécie destaca mais (*Nicandra physaloides*) na densidade DPM (Figura 13). Em relação à densidade QPM, se vê mais equilíbrio na IR, tendo todas as espécies valores abaixo de 30% (Figura 12).

4.1.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Pode se apreciar que as mesmas espécies (*Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda*) do experimento QPM com convivência foram encontradas no experimento QPM com períodos crescentes de controle (Figura 14). A IR de *D. nuda* foi aumentando dos 10 até 30 DAE, período no qual apresentou o máximo valor de IR (55%). Dos 40 até 80 DAE a IR de *D. nuda* também teve tendência crescente, contrariamente à IR de *N. physaloides*, que foi decrescente dos 10 até 30 DAE e dos 50 até 80 DAE.

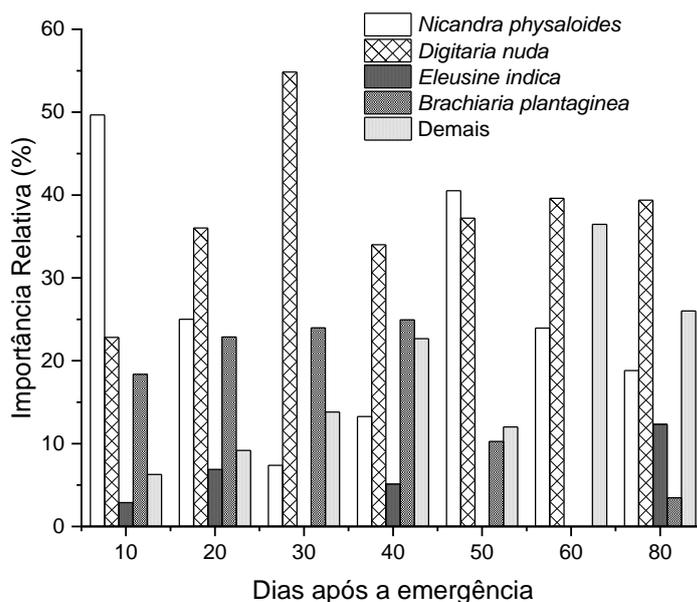


Figura 14. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

No caso dos tratamentos com densidade de semeadura DPM (Figura 15), enquanto aumentou o período de controle, diminuiu a IR de *Nicandra physaloides*, no entanto foi a espécie mais destacada com os valores mais elevados de IR em comparação às demais espécies, alcançando o pico de 75% aos 30 DAE. O controle de plantas daninhas depois dos 40 DAE praticamente diminuiu as porcentagens de IR de *N. physaloides*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica* no experimento DPM, porém aumentou o valor de IR de outras espécies.

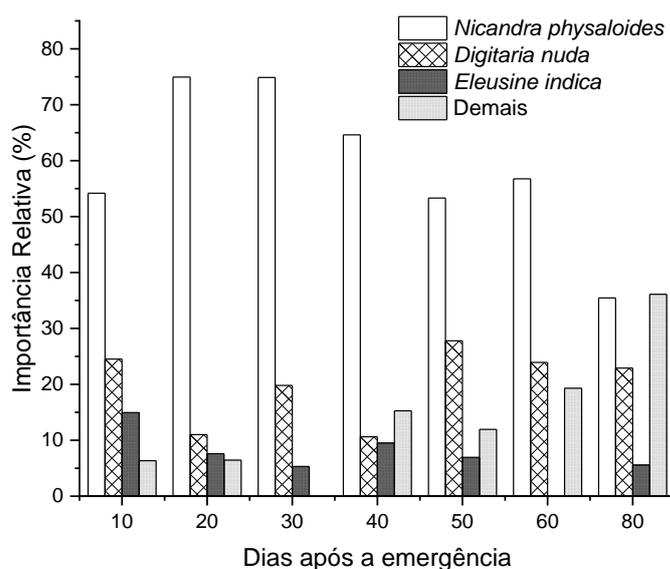


Figura 15. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

4.1.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro

4.1.4.1. Períodos de interferência

De acordo à Figura 16, nas condições do experimento com densidade de semeadura QPM, percebe-se que o período no qual a cultura pode conviver com as plantas daninhas (PAI) foi 29 DAE, o período total de prevenção à interferência (PTPI) foi 62 DAE, tempo depois do qual não foi necessário o controle da comunidade infestante. Desta forma, o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) foi dos 29 até os 62 DAE, perfazendo um intervalo de 33 dias.

Com relação à produtividade entre tratamentos com densidade QPM, pode se observar perda em 70,6% na produtividade da cultura quando conviveu o ciclo todo com plantas daninhas (743,4 kg ha⁻¹) em comparação à cultura que teve controle permanente dessas plantas (2530,3 kg ha⁻¹) (Figura 16).

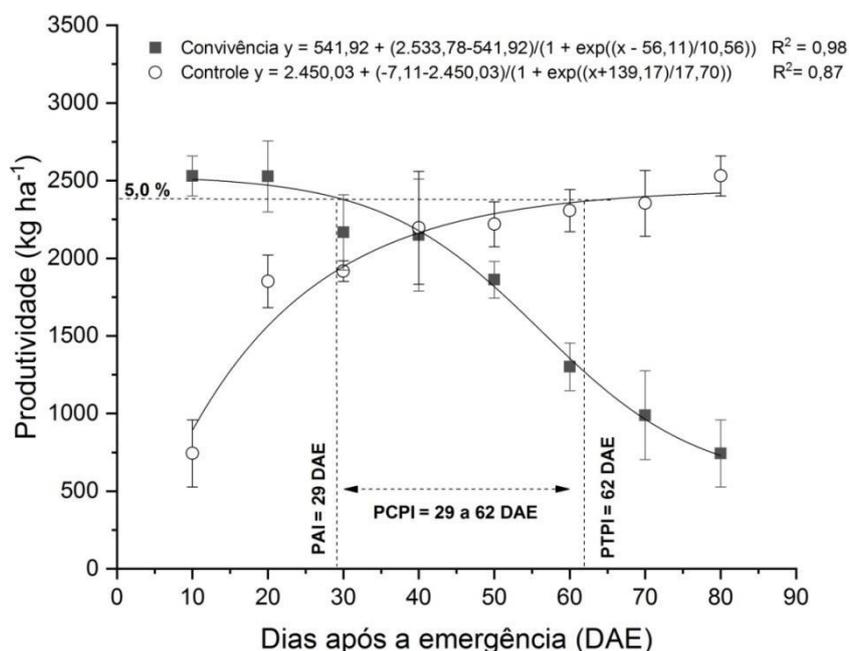


Figura 16. Períodos de interferência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

‘De outro lado, no experimento com densidade DPM (Figura 17), pode se observar que o PAI foi 22 DAE e o PTPI teve como valor 59 DAE.

Conseqüentemente o PCPI iniciou aos 22 DAE e estendeu-se até 59 DAE, definindo um intervalo de tempo igual a 37 dias.

Entre os tratamentos com densidade DPM mostrou-se redução da produtividade em 70,3% no tratamento do feijão convivendo com a comunidade infestante todo o ciclo (880,9 kg ha⁻¹) em comparação ao tratamento sempre livre de plantas daninhas (2.969,4 kg ha⁻¹)(Figura 17).

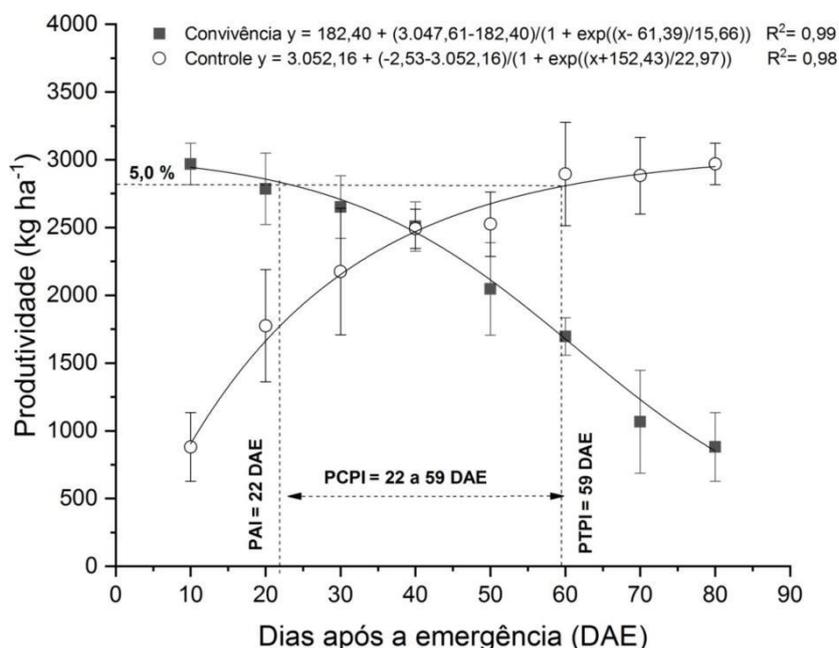


Figura 17. Períodos de interferência sob densidade de sementeira do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

Com o aumento na densidade de sementeira o PCPI do experimento QPM mostrou redução em quatro dias em comparação ao PCPI do experimento DPM. Além disso, o PAI do experimento QPM teve sete dias mais que o PAI dos tratamentos com densidade DPM (Figuras 16 e 17).

Com relação à produtividade em ambas as densidades, pode se inferir que a produtividade do tratamento com convivência permanente em DPM foi 15,6% maior do que em QPM. Além disso, quando o controle de plantas daninhas foi todo o ciclo da cultura, a produtividade foi 14,7% maior na densidade DPM do que na densidade QPM (Figuras 16 e 17).

4.1.4.2. Interferência das plantas daninhas na produtividade e componentes da produção

Quando não houve acúmulo de massa seca das plantas daninhas a produtividade do feijão foi máxima nas densidades QPM (2.527 kg ha^{-1}) e DPM (2.786 kg ha^{-1}) (Figura 18). Por outro lado, o maior acúmulo de massa seca reduziu a produtividade em 71% e 68% para as densidades QPM e DPM, respectivamente. Mesmos valores de massa seca da comunidade infestante provocaram diferentes respostas na produtividade do feijoeiro, mostrando maior afetação na produtividade na densidade QPM em comparação à DPM.

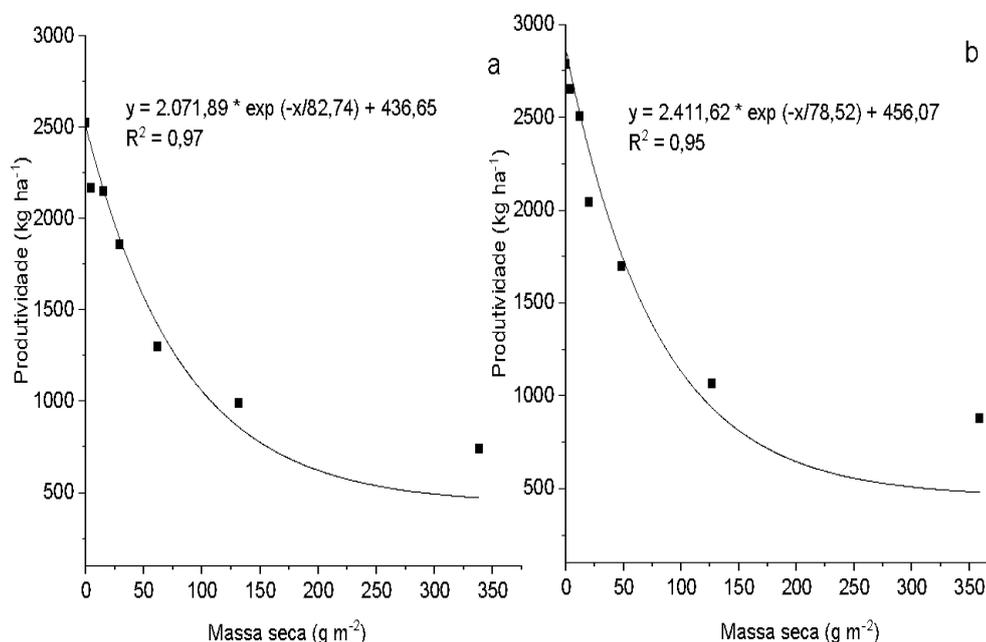


Figura 18. Influência da massa seca das plantas daninhas na produtividade do feijoeiro com densidade de semeadura 15 plantas m^{-1} (a) e 10 plantas m^{-1} (b).

Na análise do efeito dos períodos e sua duração nos componentes da produção (Tabela 12), nota-se que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para o número de grãos por vagem, a porcentagem de grãos e a massa de 100 grãos na densidade QPM. Já na densidade DPM se registraram diferenças entre os tipos de período apenas para a porcentagem de grãos, mostrando maior valor (72,20%) nos períodos com controle, independentemente da sua duração, em comparação aos períodos com convivência.

Mesmo não havendo diferença estatística, o período de controle das plantas daninhas, independentemente da sua duração, influenciou positivamente no número de grãos por vagem (QPM e DPM), na massa de 100 grãos (QPM) e na porcentagem de grãos (DPM) (Tabela 12).

Tabela 12. Efeito da convivência ou controle e da duração destes períodos nos componentes da produção do feijoeiro sob duas densidades de semeadura.

Fatores	15 plantas m ⁻¹			10 plantas m ⁻¹	
	Grãos por vagem	Grãos (%)	Massa 100 grãos (g)	Grãos por Vagem	Grãos (%)
Período (P)					
Convivência	5,62 a	69,50 a	23,79 a	5,82 a	69,12 b
Controle	5,77 a	68,26 a	24,57 a	6,02 a	72,20 a
Duração do período (D)					
10 DAE	5,77 a	68,85 a	24,13 a	5,90 a	72,55 a
20 DAE	5,67 a	67,93 a	23,73 a	6,15 a	70,98 a
30 DAE	5,97 a	69,54 a	25,06 a	5,85 a	71,97 a
40 DAE	5,62 a	68,97 a	24,77 a	5,85 a	72,68 a
50 DAE	5,75 a	71,04 a	24,63 a	6,00 a	65,21 a
60 DAE	5,60 a	68,37 a	23,57 a	5,95 a	70,71 a
80 DAE	5,50 a	67,46 a	23,37 a	5,75 a	70,51 a
Teste F					
P	0,96 ns	1,02 ns	3,27 ns	1,03 ns	4,59*
D	0,71 ns	0,56 ns	1,31 ns	0,26 ns	1,77 ns
PxD	1,19 ns	1,35 ns	1,91 ns	1,16 ns	0,54 ns
CV (%)	4,60	4,84	6,65	6,17	5,81
Média geral	5,70	68,88	24,18	5,92	70,66

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade. *Significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ns: não significativo. DAE: Dias após a emergência.

Na comparação entre densidades de semeadura, em DPM as médias da porcentagem de grãos (70,66%) e grãos por vagem (5,92) foram superiores às médias dos mesmos componentes da produção em QPM (68,88% e 5,70; respectivamente) (Tabela 12).

A interação entre o período e a sua duração foi significativa para a massa de 100 grãos no experimento DPM, portanto a análise do desdobramento é apresentado na Figura 19, na qual pode se ressaltar diferenças estatísticas entre a

convivência e controle nos períodos 10, 60 e 80 DAE. Os máximos valores de massa de 100 grãos (27,1 g e 26,6 g) foram obtidos com 10 dias de convivência e 80 dias de controle, respectivamente. Os resultados da convivência ou controle ao longo do tempo foram os esperados: a tendência da massa de 100 grãos foi decrescente nos períodos com convivência e crescente nos períodos com controle.

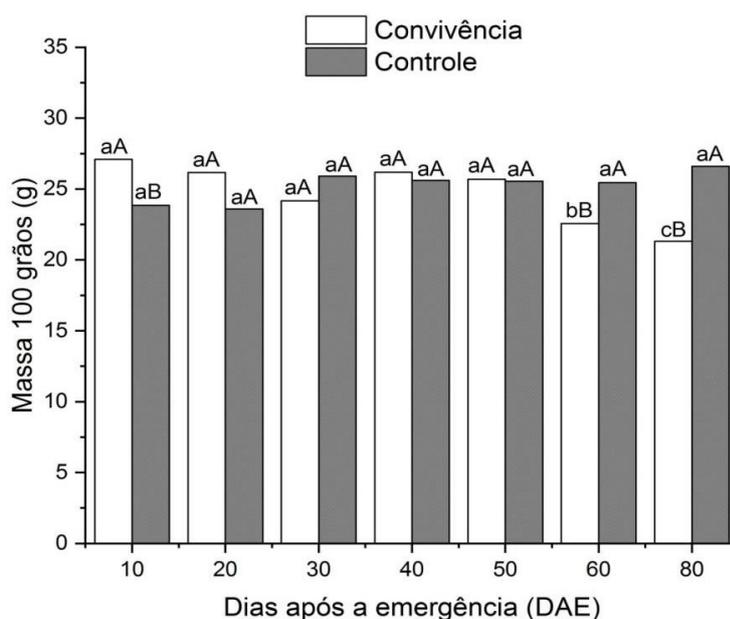


Figura 19. Massa de 100 grãos em função dos períodos de convivência ou controle de plantas daninhas, sob densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} . Letras maiúsculas comparam a convivência ou controle em DAE específicos, letras minúsculas comparam a convivência ou controle ao longo dos DAE. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

4.1.4.3. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão

Não foram reportadas diferenças significativas entre todas as características da qualidade do feijão tanto para o tipo do período quanto para a duração do mesmo, na densidade de semeadura QPM (Tabela 13).

No caso da densidade DPM, houve efeito da condição convivência e controle, independente da sua duração, sendo que os grãos das plantas em convivência apresentaram 3,7% a menos no tempo de máxima hidratação (TMH) do que as plantas com controle, independente da duração. Analisando o efeito da duração do período, independente da condição de convivência e controle, não se constatou

diferença significativa para o TMH. Também não se constatou diferença significativa da interação entre o período e sua duração sobre a variável supracitada (Tabela 13).

O desdobramento da interação entre o período e sua duração para o tempo de cozimento (TC), no experimento com densidade DPM, mostrou que o menor valor de TC (20,1 minutos) foi obtido aos 20 DAE com controle de plantas daninhas (Figura 20). A partir desse período, o TC teve tendência crescente conforme o período de convivência ou controle aumentava, atingindo o máximo valor (31,1 minutos) aos 50 DAE com controle.

Tabela 13. Efeito da convivência ou controle e da duração destes períodos na qualidade dos grãos sob duas densidades de semeadura do feijoeiro.

Fatores	15 plantas m ⁻¹		10 plantas m ⁻¹		
	Tempo máxima hidratação (horas)	Relação de hidratação	Tempo de cozimento (minutos)	Tempo máxima hidratação (horas)	Relação de Hidratação
Período (P)					
Convivência	10,50 a	2,06 a	25,47 a	10,28 b	2,02 a
Controle	10,39 a	2,05 a	26,12 a	10,67 a	2,00 a
Duração do período (D)					
10 DAE	10,31 a	2,06 a	24,45 a	10,33 a	2,02 a
20 DAE	10,14 a	2,07 a	25,98 a	10,24 a	2,03 a
30 DAE	10,70 a	2,05 a	26,25 a	10,13 a	2,01 a
40 DAE	10,33 a	2,06 a	23,71 a	10,44 a	1,98 a
50 DAE	10,51 a	2,04 a	26,01 a	10,52 a	1,99 a
60 DAE	10,37 a	2,05 a	28,14 a	10,78 a	2,00 a
80 DAE	10,77 a	2,07 a	26,03 a	10,89 a	2,02 a
Teste F					
P	0,89 ns	0,37 ns	0,56 ns	8,84**	1,07 ns
D	2,05 ns	0,65 ns	1,49 ns	2,67 ns	1,66 ns
PxD	0,52 ns	0,74 ns	2,32 ns	1,07 ns	2,38 ns
CV (%)	3,69	1,85	11,02	4	1,63
Média geral	10,45	2,06	25,8	10,47	2,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade. *Significativo pelo teste F ($p < 0,05$). **Significativo pelo teste F ($p < 0,01$). ns: não significativo. DAE: Dias após a emergência.

Comparando o controle e convivência em dias específicos, registrou-se diferença significativa entre a convivência e controle aos 10 DAE, tendo o TC o menor valor (24 minutos) quando a cultura permaneceu 10 dias com controle. A partir dos 50 DAE, enquanto aumentavam os DAE, os menores TC eram para os períodos com convivência, mas em períodos iniciais (até os 30 DAE) os menores TC foram reportados nos tratamentos com controle de plantas daninhas (Figura 20).

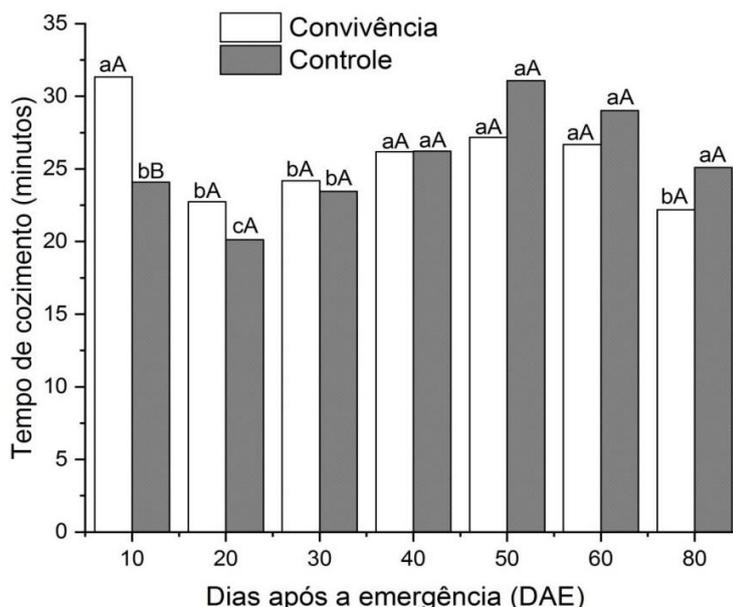


Figura 20. Tempo de cozimento do feijão em função dos períodos de convivência ou controle com plantas daninhas, sob densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} . Letras maiúsculas comparam a convivência e controle em DAE específicos, letras minúsculas comparam a convivência ou controle ao longo dos DAE. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

Com relação ao rendimento de peneiras, a análise de regressão entre o tempo de convivência e as impurezas dos grãos (Figura 21) evidencia uma relação quadrática entre essas variáveis, o que significa que a porcentagem de impurezas tem tendência decrescente até os 20 DAE, depois desse período esses valores só aumentam até atingir o máximo valor aos 80 DAE, o maior tempo de convivência com plantas daninhas.

As menores porcentagens de impurezas se observaram na densidade de semeadura DPM do que na densidade QPM (Figura 21), ocorrendo o mínimo valor (2,5%) aos 20 DAE na densidade DPM e o máximo valor (15%) aos 80 DAE na densidade QPM.

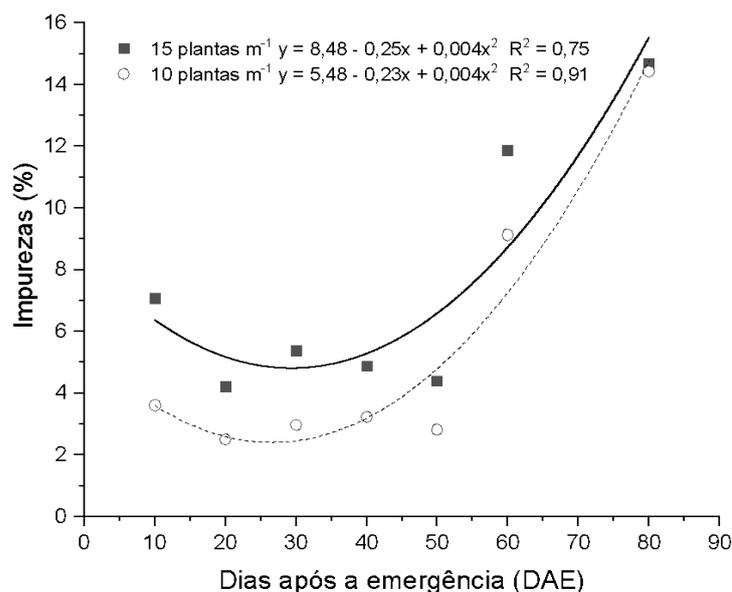


Figura 21. Porcentagem de impurezas dos grãos em função dos períodos de convivência com plantas daninhas, sob duas densidades de semeadura do feijoeiro.

A análise de regressão entre a porcentagem de grãos retidos na peneira de menor crivo (RP11) e os períodos de convivência foi semelhante à regressão entre as impurezas e os períodos de convivência (Figura 21). O máximo valor de RP11 foi reportado em ambas as densidades (com mesmo valor de 14,1%), no período 80 DAE. Já o mínimo valor de RP11 (2,08%) foi para a densidade DPM aos 20 DAE de convivência com as plantas daninhas (Figura 22).

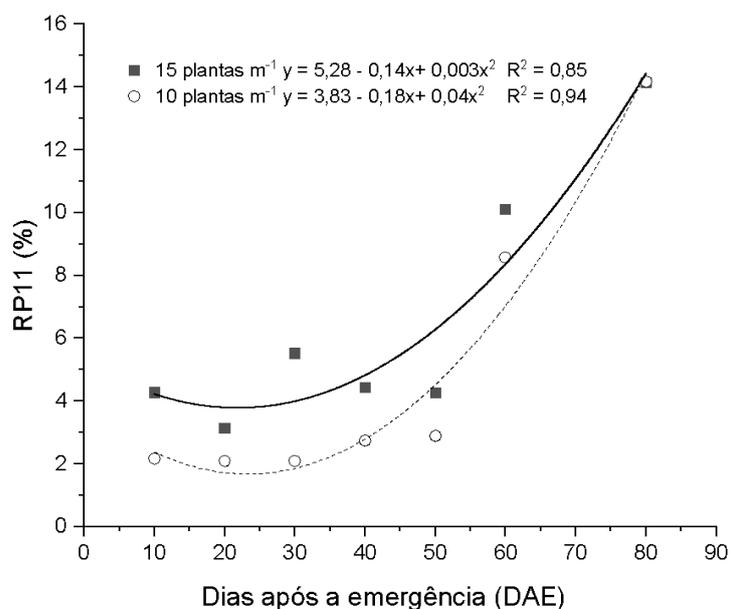


Figura 22. Rendimento da peneira 11 (RP11) em função dos períodos de convivência com plantas daninhas, sob duas densidades de semeadura do feijoeiro.

A maior porcentagem de grãos retidos em peneiras de maior crivo resultou em elevado RP12-15 (95,4%) quando a cultura conviveu 20 DAE com plantas daninhas, na densidade DPM em comparação à densidade QPM (Figura 23). Conforme o tempo de convivência aumentava, os valores de RP12-15 foram diminuindo cada vez mais até chegar ao valor mínimo (71,1%) na densidade QPM aos 80 DAE.

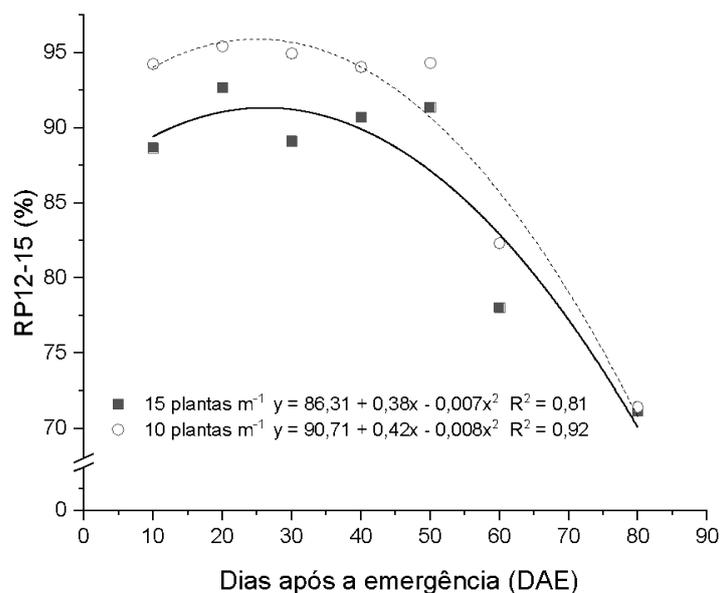


Figura 23. Rendimento das peneiras 12, 13, 14 e 15 (RP12-15) em função dos períodos de convivência com plantas daninhas, sob duas densidades de semeadura do feijoeiro.

4.2. Experimento B (safra de inverno)

4.2.1. Composição específica da comunidade infestante

Na densidade QPM foram encontradas 13 espécies distribuídas em 9 famílias (Tabela 14), sendo as famílias que mais espécies aportaram: Poaceae (3), Brassicaceae (2) e Fabaceae (2). O 69,2% das espécies pertenceram à classe eudicotiledônea e o 30,8% à classe monocotiledônea.

Nos tratamentos com convivência houve 12 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 8 espécies. As espécies comuns em ambos os grupos foram: *Amaranthus retroflexus*, *Raphanus raphanistrum*, *Coronopus didymus*,

Nicandra physaloides, *Commelina benghalensis*, *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria nuda*, representado o 54% do total da comunidade infestante (Tabela 14).

Tabela 14. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Caruru	X	X
Asteraceae	<i>Xanthium cavanillesii</i> Schouw.	Carrapichão		X
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça	X	X
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Smith.	Mentruz	X	X
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Corda-de-viola	X	
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin e Barneby	Fedegoso	X	
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Anileira	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	X	
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Monocotiledônea				
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba	X	X
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha	X	
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i> Schumach.	Capim-colchão	X	X
Poaceae	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitch.	Capim-marmelada	X	X

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

Com relação ao feijoeiro na densidade DPM, a comunidade infestante foi composta por 17 espécies pertencentes a 11 famílias (Tabela 15). As famílias que apresentaram maior quantidade de espécies foram: Poaceae (3), Asteraceae (2), Brassicaceae (2), Fabaceae (2) e Solanaceae (2). As espécies classificadas como eudicotiledôneas representaram o 70,6% e as classificadas como monocotiledôneas o 29,4% do total da comunidade infestante.

Nos grupo de tratamentos com convivência houve 14 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 8 espécies. As espécies comuns em ambos os grupos foram: *Amaranthus retroflexus*, *Raphanus raphanistrum*, *Nicandra physaloides*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica*, representando o 29,4% do total de espécies (Tabela 15).

Tabela 15. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Caruru	X	X
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho-de-carneiro		X
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Mentrasto	X	
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça	X	X
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Smith.	Mentruz	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Corda-de-viola	X	
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin e Barneby	Fedegoso	X	
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Anileira	X	
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	X	
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Maria-pretinha		X
Monocotiledônea				
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeiraba	X	
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	X	
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha	X	X
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i> Schumach.	Capim-colchão	X	X
Poaceae	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitch.	Capim-marmelada		X

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

O número de espécies no experimento DPM (17) foi maior do que o número de espécies no experimento QPM (13), sendo espécies comuns em ambos os experimentos: *Amaranthus retroflexus*, *Raphanus raphanistrum*, *Coronopus didymus*, *Ipomoea* sp., *Senna obtusifolia*, *Indigofera hirsuta*, *Portulaca oleracea*, *Nicandra physaloides*, *Commelina benghalensis*, *Eleusine indica*, *Digitaria nuda* e *Brachiaria plantaginea* (40% do total de espécies em ambas as densidades). A única espécie que só ocorreu na densidade QPM foi *Xanthium cavanillesii*. Já na densidade DPM as espécies que só encontraram-se nessa área foram: *Acanthospermum hispidum*, *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia*, *Solanum americanum* e *Cyperus rotundus*.

De forma específica, no grupo de tratamentos com convivência em DPM encontraram-se duas espécies mais do que em QPM. Além disso, nos tratamentos com controle na densidade QPM e DPM o número de espécies foi o mesmo (8).

4.2.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

4.2.2.1. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

O número total de plantas daninhas apresentou valores altos e baixos em vários momentos dos períodos com convivência para ambas as densidades de semeadura da cultura (Figura 24 e 25).

Em QPM (Figura 24) a máxima densidade (39 plantas m^{-2}) ocorreu aos 30 DAE, diminuindo até 15 plantas m^{-2} aos 40 DAE e aumentando aos 50 DAE, sendo que a partir desse período o total de plantas daninhas diminuiu até o final do experimento. *Nicandra physaloides* (17 plantas m^{-2}) e *Digitaria nuda* (19 plantas m^{-2}) mostraram maior densidade nos períodos 50 e 30 DAE, respectivamente.

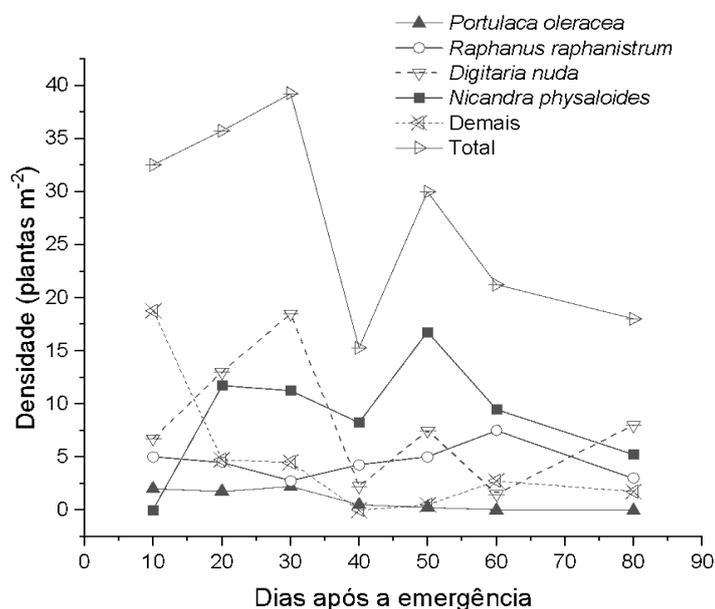


Figura 24. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m^{-1}

Na densidade DPM (Figura 25), o máximo número de plantas daninhas (53 plantas m^{-2}) foi registrado aos 30 DAE com convivência, diminuindo até 23 plantas m^{-2} aos 50 DAE, sendo esse o mínimo valor de densidade da comunidade infestante. Novamente as espécies com maior densidade foram *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* (ambas com 26 plantas m^{-2} cada uma), valores registrados aos 40 DAE e 30 DAE, respectivamente.

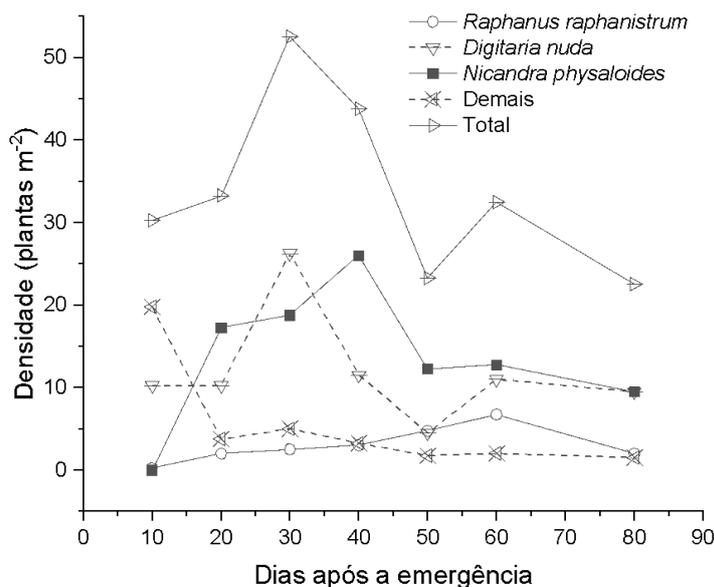


Figura 25. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

Na densidade DPM a média da quantidade de plantas daninhas (34 plantas m^{-2}) foi maior do que a média da densidade QPM (27,4 plantas m^{-2}). De maneira semelhante a média do número de indivíduos de *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* foram superiores na densidade de semeadura DPM em comparação à QPM. No entanto, a densidade média de *Raphanus raphanistrum* foi superior em QPM do que em DPM.

4.2.2.2. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

A população de plantas daninhas em períodos crescentes de controle foi menor do que em períodos crescentes de convivência (Figuras 24, 25, 26 e 27), independente da densidade de semeadura do feijoeiro.

No experimento com densidade QPM o número de indivíduos total da comunidade infestante diminuiu até os 30 DAE. Depois desse período, a população incrementou atingindo o número máximo (8,5 plantas m^{-2}) aos 40 DAE. Foi observada a diminuição nos indivíduos após os 40 DAE até o final do ciclo da cultura. Tanto *Nicandra physaloides* quanto *Raphanus raphanistrum* seguem padrão semelhante ao número total de plantas daninhas, apresentando o máximo número de indivíduos aos 40 e 50 DAE com capinas (3 e 2,75 plantas m^{-2} , respectivamente)(Figura 26).

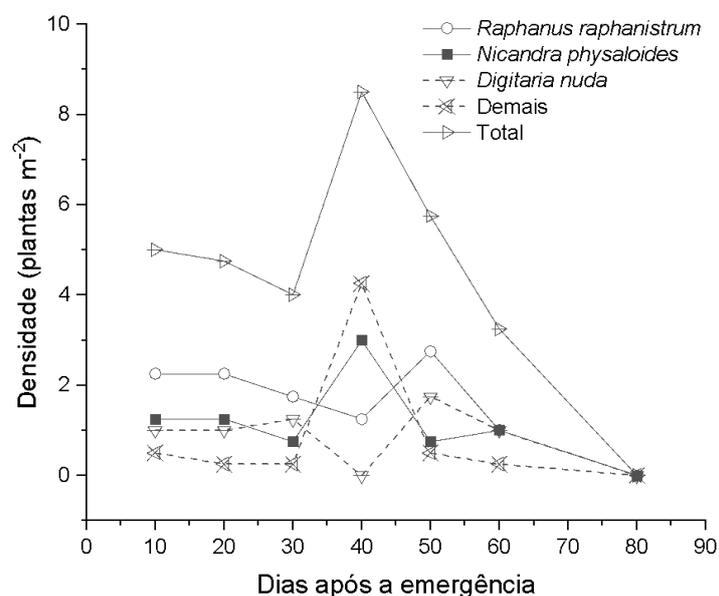


Figura 26. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m^{-1}

Na densidade DPM a média do número total de plantas daninhas foi semelhante que na densidade QPM (dados não mostrados). O máximo número de indivíduos no experimento DPM (6,5 plantas m^{-2}) foi aos 10 DAE com controle de plantas daninhas (Figura 27), depois desse período a densidade teve comportamento decrescente, parecida com o comportamento mostrado por *Nicandra physaloides*. A densidade de *Raphanus raphanistrum* foi irregular ao longo do experimento, mostrando o máximo valor (4,5 plantas m^{-2}) aos 30 DAE.

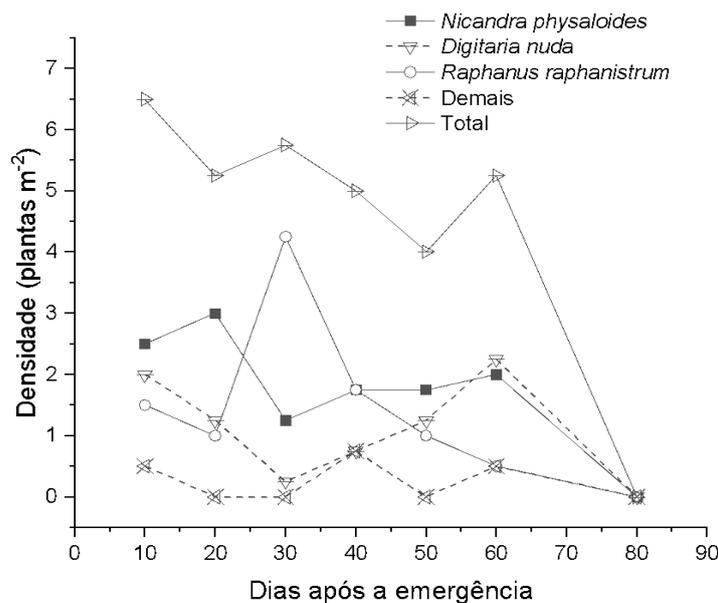


Figura 27. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

4.2.2.3. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

De forma geral, foram observados valores de massa seca com tendência crescente nos períodos de convivência (Figuras 28 e 29) e com tendência decrescente nos períodos de controle (Figuras 30 e 31).

O experimento com densidade QPM (Figura 28) apresentou forte acúmulo de massa seca da comunidade infestante, atingindo o máximo valor (382 g m⁻²) aos 60 DAE. *Raphanus raphanistrum* e *Nicandra physaloides* sobressaíram como as espécies com maior produção de massa seca ao longo do experimento, tendo *R. raphanistrum* o máximo valor aos 60 DAE (191 g m⁻²) em comparação às outras plantas daninhas. Ambas as espécies representaram o 96,5% da massa seca total aos 60 DAE.

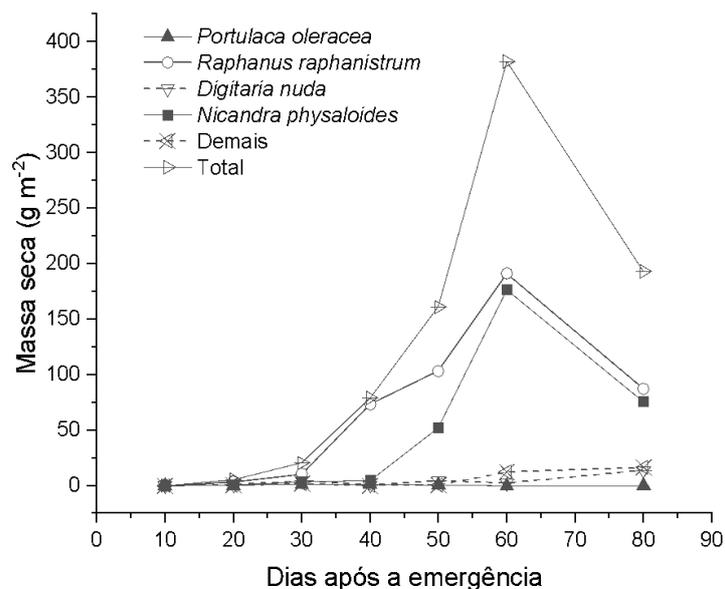


Figura 28. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m^{-1}

Com relação à densidade DPM (Figura 29), o maior valor de massa seca do total de plantas daninhas ($500 g m^{-2}$) foi aos 60 DAE com convivência, tendo *Raphanus raphanistrum* a maior massa seca de todas as espécies nesse mesmo período ($312 g m^{-2}$). No entanto, depois dos 60 DAE, a massa seca tanto de *R. raphanistrum* quanto de *Nicandra physaloides* foram diminuindo até o final do experimento.

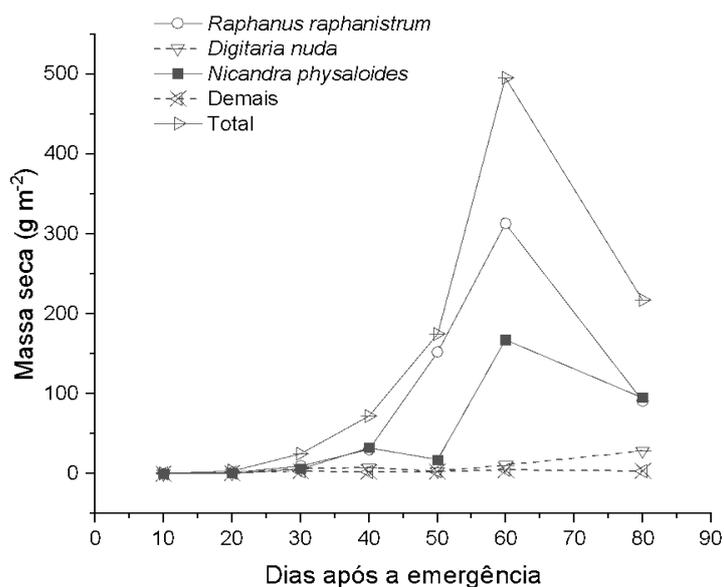


Figura 29. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

4.2.2.4. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Nos tratamentos com controle de plantas daninhas, tanto na densidade QPM quanto na densidade DPM (Figura 30 e 31), a massa seca das plantas daninhas teve tendência decrescente conforme as capinas eram mais frequentes.

A maior massa seca total (100 g m^{-2}) foi observada aos 10 DAE no grupo de tratamentos com densidade QPM (Figura 30). Além disso, a espécie com maiores valores de massa seca, em comparação às demais espécies, foi *Raphanus raphanistrum*, atingindo o pico de 80 g m^{-2} aos 20 DAE. *Nicandra physaloides* manteve sua massa seca por baixo de 20 g m^{-2} ao longo do experimento, exceto aos 40 e 60 DAE.

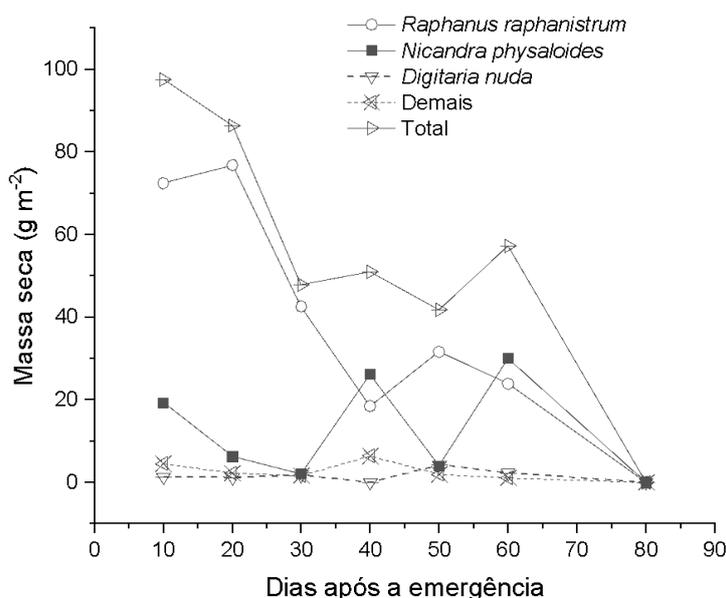


Figura 30. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de $15 \text{ plantas m}^{-1}$

No experimento DPM (Figura 31) pode se perceber que a máxima massa seca total (130 g m^{-2}) foi aos 30 DAE com controle. Depois desse período, a massa seca da comunidade infestante só diminuiu até o final do ciclo da cultura (80 DAE). Novamente *Raphanus raphanistrum* foi a espécie mais ressaltante, representando a média de sua massa seca o 68% da média da massa seca total.

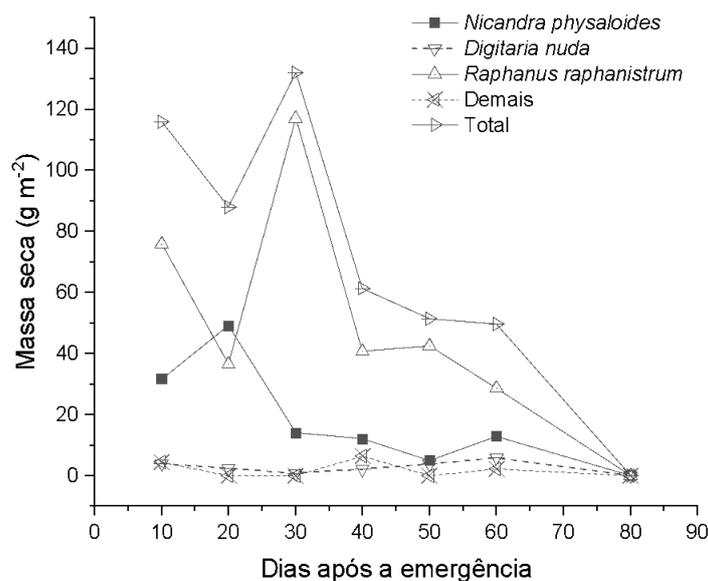


Figura 31. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

Comparando ambos os experimentos, é possível notar que na densidade DPM os valores de massa seca foram superiores aos valores de massa seca do experimento QPM, tanto o valor total quanto o valor das principais espécies, por exemplo a massa seca média de *Raphanus raphanistrum* e *Nicandra physaloides* em DPM foi 28,5% e 42,4% maior do que em QPM, respectivamente.

4.2.3. Fitossociologia da comunidade infestante

4.2.3.1. Importância Relativa das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

O valor máximo de IR de todas as espécies foi para *Raphanus raphanistrum* aos 40 DAE com convivência (57%) sob densidade de semeadura QPM (Figura 32). Além disso, a população dessa espécie destacou aos 20 e 50 DAE, apresentando maior IR (33% e 42%, respectivamente) em comparação às outras espécies. A segunda espécie mais importante foi *Nicandra physaloides*, que teve os maiores valores de IR (43% e 33%) quando comparada às demais espécies aos 60 e 80 DAE, respectivamente. Dos 60 para 80 DAE os valores de IR de *R. raphanistrum* e

N. physaloides diminuíram em 12,5% e 9,5%, respectivamente, no entanto a IR de *Digitaria nuda* aumentou em 18,1% nesse mesmo intervalo de tempo.

Por outro lado, *Portulaca oleracea* manteve valores de IR por baixo de 10% durante toda a fase experimental, desaparecendo aos 60 e 80 DAE (Figura 32).

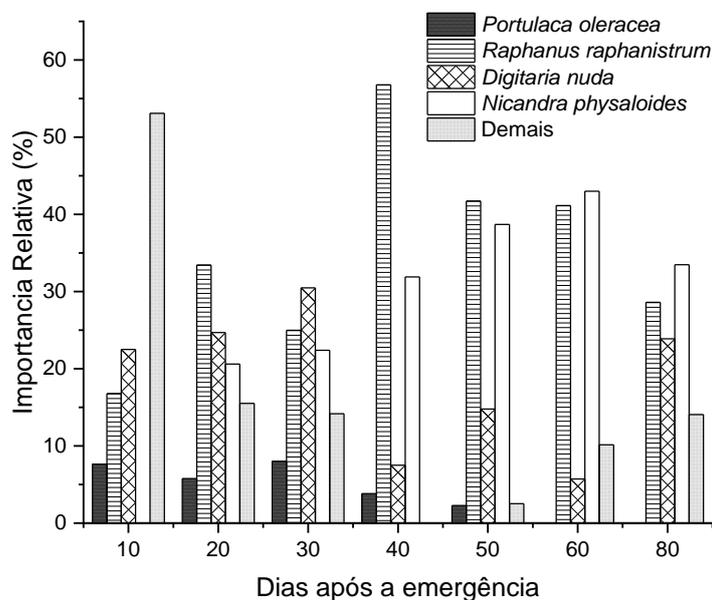


Figura 32. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

A máxima IR na densidade DPM (69%) foi mostrada pelo grupo de espécies nomeada como “demais” (*Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus*, *Ipomoea* sp, *Commelina benghalensis*, *Coronopus didymus*, etc) aos 10 DAE, mas depois desse período a IR desse grupo só diminuiu até o final do ciclo da cultura (Figura 33).

Por outro lado, a IR de *Nicandra physaloides* teve o pico de 45,4% aos 40 DAE, diminuindo aos 50 DAE e aumentando depois até os 80 DAE, período no qual destacou com a maior IR (39,7%) de todas as espécies. Enquanto a IR de *Digitaria nuda* e *N. physaloides* aumentaram após os 50 DAE, a IR de *Raphanus raphanistrum* decresceu no mesmo intervalo de tempo (Figura 33).

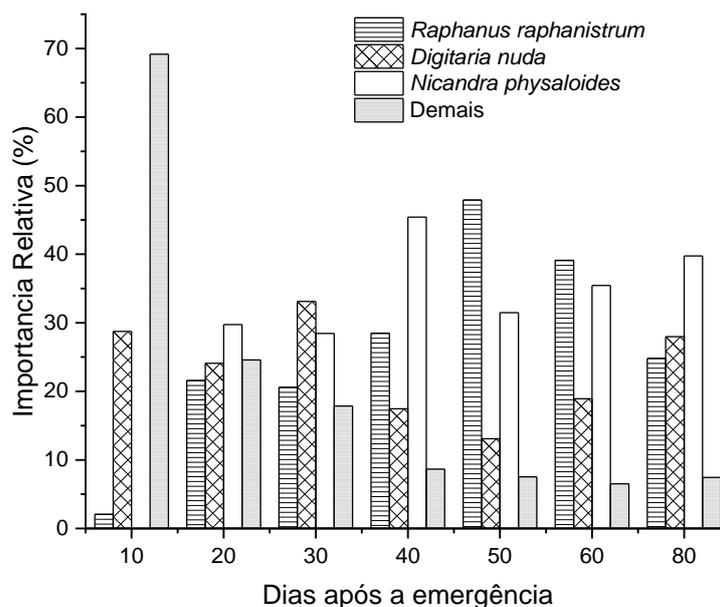


Figura 33. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

Raphanus raphanistrum mostrou menor valor médio de IR em DPM (26.3%) quando comparado com a densidade QPM (34,7%). Já *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* ressaltaram com maiores valores médios de IR em DPM (30% e 23,3%, respectivamente) quando comparadas com a IR média na densidade QPM (27% e 18,5%, respectivamente).

4.2.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Nos três primeiros períodos no experimento QPM, *Raphanus raphanistrum* teve destaque sobre as demais espécies, apresentando valores crescentes de IR até atingir o 68% aos 30 DAE, a máxima IR de todas as espécies em todos os períodos (Figura 34). Após esse período, a IR de *R. raphanistrum* teve comportamento errático, mostrando diminuições e acréscimos.

Por outro lado, *Nicandra physaloides* ressaltou como a mais importante população aos 40 e 60 DAE, observando-se valores de IR de 40% e 39%, respectivamente. A única espécie que evidenciou valores de IR com tendência crescente ao longo do experimento foi *Digitaria nuda*, contudo não conseguiu ser a primeira espécie em importância em nenhum período (Figura 34).

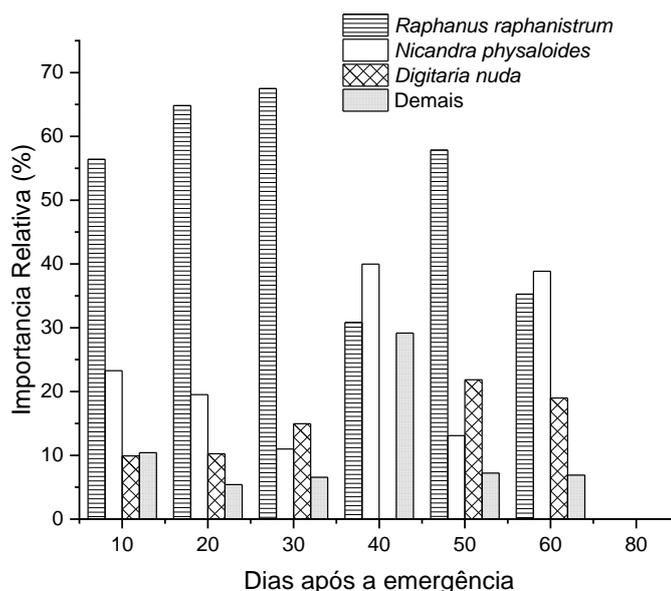


Figura 34. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

Em DPM, a maior IR foi para *Raphanus raphanistrum* com 75,4% aos 30 DAE. Após esse período, sua IR foi diminuindo até chegar ao 27,5% aos 60 DAE (Figura 35). Com relação a *Digitaria nuda*, a partir dos 30 DAE a IR só incrementou até atingir 31%, o segundo maior valor depois da IR de *Nicandra physaloides*. Aliás, essa última espécie teve a maior relevância aos 20 e 60 DAE, mostrando 56% e 32%, respectivamente (Figura 35).

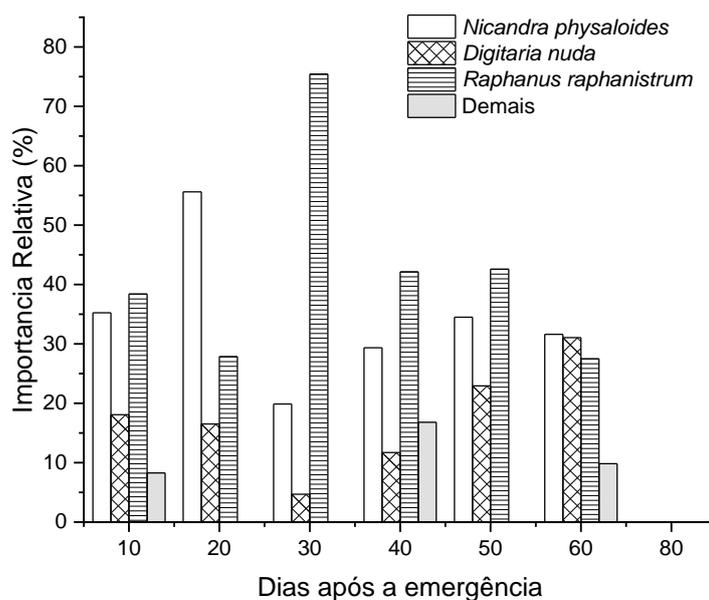


Figura 35. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m⁻¹

Similar aos valores de IR média em períodos crescentes de convivência, *Raphanus raphanistrum* mostrou menor valor médio de IR em DPM (36,2%) quando comparado com a densidade QPM (45%). Já *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* ressaltaram com maiores valores médios de IR em DPM (29,5% e 15%, respectivamente) quando comparadas com a IR média na densidade QPM (20,8% e 12,6%, respectivamente) em períodos crescentes de controle de plantas daninhas.

4.2.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro

4.2.4.1. Períodos de interferência

Na densidade QPM, observou-se que durante 20 DAE (PAI) a cultura conseguiu conviver com as plantas daninhas e 77 DAE durou o período total de prevenção à interferência (PTPI). Desta forma, o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) foi dos 20 até os 77 DAE, definindo um intervalo de 57 dias (Figura 36).

Em QPM se evidenciou perda de 42,6% na produtividade da cultura quando permaneceu com plantas daninhas todo o ciclo (1.033,55 kg ha⁻¹) em comparação à cultura que teve o controle permanente (1.800,28 kg ha⁻¹) (Figura 36).

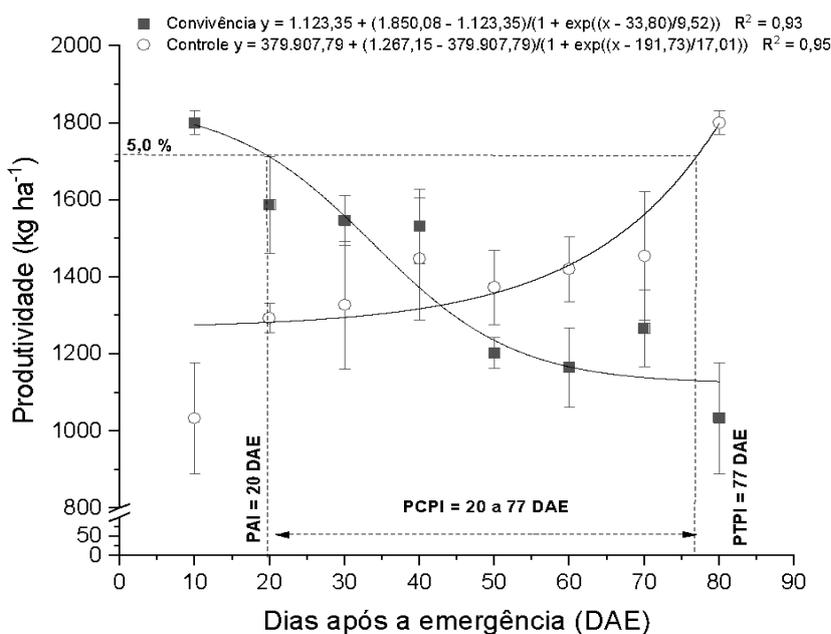


Figura 36. Períodos de interferência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 15 plantas m⁻¹

Com referência ao experimento com densidade DPM (Figura 37), pode se notar que o PAI foi 28 DAE e o PTPI teve como valor 60 DAE. Por conseguinte o PCPI iniciou aos 28 DAE e estendeu-se até 60 DAE, delimitando um intervalo de tempo igual a 32 dias.

Entre os tratamentos com densidade DPM viu-se a redução da produtividade em 34,6% no tratamento do feijoeiro convivendo com a comunidade infestante todo o ciclo ($1.121,38 \text{ kg ha}^{-1}$) em comparação ao tratamento sempre livre de plantas daninhas ($1.715,17 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 37).

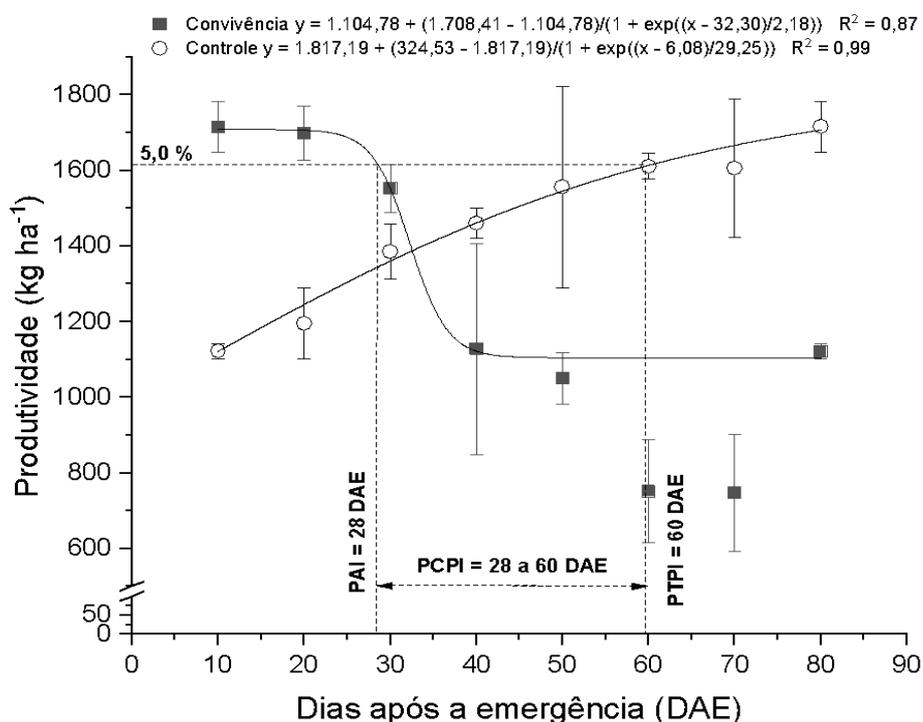


Figura 37. Períodos de interferência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 10 plantas m^{-1}

Com o aumento da densidade de semeadura, o PCPI do experimento QPM incrementou-se em 25 dias em comparação ao PCPI do experimento DPM. Ademais, o PAI do experimento QPM teve oito dias menos que o PAI dos tratamentos com densidade DPM (Figuras 36 e 37).

Conforme às Figuras 36 e 37, pode se inferir que a produtividade do tratamento com convivência permanente com plantas daninhas na densidade DPM foi 7,8% maior do que em QPM. Além disso, o tratamento com controle da

comunidade infestante todo o ciclo da cultura, teve produtividade 4,7% maior na densidade QPM quando comparada com a densidade DPM.

4.2.4.2. Interferência das plantas daninhas na produtividade e componentes da produção

A máxima produtividade ($1.800,28 \text{ kg ha}^{-1}$) aconteceu quando a massa seca da comunidade infestante foi 0 g m^{-2} e quando a cultura teve densidade de semeadura de QPM. Já na densidade DPM, também a máxima produtividade ($1.715,17 \text{ kg ha}^{-1}$) foi com 0 g m^{-2} de massa seca das plantas daninhas, mas houve decréscimo em 4,7% em comparação à produtividade com densidade QPM (Figura 38).

Conforme incrementou-se a massa seca das plantas daninhas, a produtividade foi diminuindo em ambas as densidades de semeadura, mas essa diminuição foi mais acentuada na densidade DPM. Por exemplo, com massa seca de 400 g m^{-2} , a produtividade em DPM ($638,91 \text{ kg ha}^{-1}$) foi 46,2% menos do que a produtividade em QPM ($1.187,56 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 38).

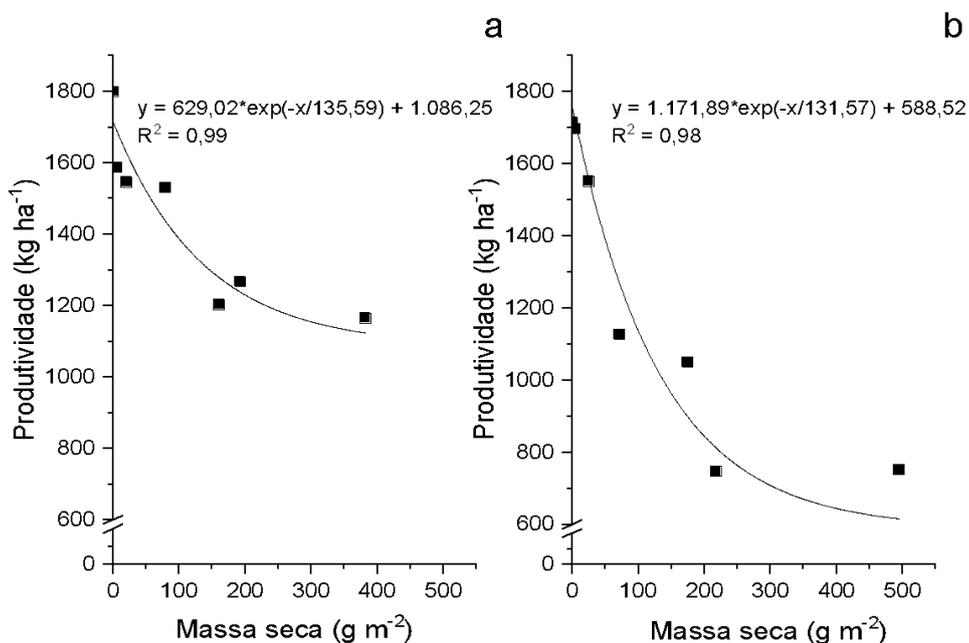


Figura 38. Influência da massa seca das plantas daninhas na produtividade do feijoeiro com densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} (a) e 10 plantas m^{-1} (b).

De acordo à influência da interferência nos componentes da produção, não houve diferenças estatísticas no efeito do período, a duração do período nem a interação entre eles para o número de grãos por vagem, a porcentagem de grãos e a massa de 100 grãos (Tabela 16). Porém, mesmo não ocorrendo diferenças estatísticas, no experimento QPM o controle de plantas daninhas incrementou em 3,3% o número de grãos por vagem, em 0,3% a porcentagem de grãos e em 1,7% a massa seca de 100 grãos obtidos no período de convivência, independente da duração do período (Tabela 16).

Tabela 16. Efeito da convivência ou controle e da duração destes períodos nos componentes da produção do feijoeiro sob duas densidades de semeadura.

Fatores	15 plantas m ⁻¹			10 plantas m ⁻¹		
	Grãos por vagem	Grãos (%)	Massa 100 grãos (g)	Grãos por vagem	Grãos (%)	Massa 100 grãos (g)
Período (P)						
Convivência	5,62 a	80,21 a	21,59 a	6,09 a	80,70 a	20,96 a
Controle	5,81 a	80,44 a	21,97 a	6,09 a	80,49 a	20,78 a
Duração do período (D)						
10 DAE	6,02 a	80,59 a	22,02 a	5,75 a	80,75 a	21,26 a
20 DAE	5,60 a	80,37 a	21,70 a	6,20 a	81,03 a	20,60 a
30 DAE	5,82 a	81,66 a	21,72 a	5,97 a	80,13 a	21,16 a
40 DAE	5,95 a	79,95 a	21,91 a	6,05 a	81,21 a	21,25 a
50 DAE	5,50 a	80,21 a	21,54 a	6,07 a	79,94 a	20,72 a
60 DAE	5,50 a	80,02 a	21,79 a	6,32 a	80,67 a	20,73 a
80 DAE	5,65 a	79,45 a	21,77 a	6,27 a	80,42 a	20,39 a
Teste F						
P	1,39 ns	0,07 ns	2,37 ns	0,00 ns	0,27 ns	0,56 ns
D	1,00 ns	0,47 ns	0,23 ns	2,05 ns	0,50 ns	1,14 ns
PxD	0,70 ns	0,87 ns	0,93 ns	0,48 ns	1,19 ns	0,64 ns
CV (%)	5,41	3,08	4,16	3,2	2,12	4,42
Média geral	5,72	80,32	21,78	6,09	80,59	20,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade. ns: não significativo. DAE: Dias após a emergência.

Ao comparar o efeito da densidade de semeadura nos componentes da produção, percebeu-se que apenas a média da massa de 100 grãos foi maior na densidade QPM, tendo 4,2% mais peso do que na densidade DPM (Tabela 16).

4.2.4.3. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão

Não houve interação entre o período e a sua duração para nenhuma variável de qualidade do feijão. Também não foi observada diferença estatística entre o tipo de período para todas as variáveis mostradas na Tabela 17.

Foi reportada diferença estatística na duração do período apenas para o TMH (tempo de máxima hidratação) na densidade DPM. No período 20 DAE o TMH foi máximo (17,33 horas) e aos 40 DAE o TMH foi mínimo (14,39 horas), independente do tipo de período (Tabela 17). Na densidade QPM, embora não haja significância estatística, o menor TMH (14,77 horas) e o menor tempo de cozimento ou TC (23,54 minutos) foram obtidos com o controle de plantas daninhas, em comparação aos resultados com convivência e independente da duração do controle (Tabela 17).

Na comparação dos períodos de convivência e controle de plantas daninhas no experimento DPM, o menor TMH (15,61 horas) e o menor TC (23,69 minutos) do feijão foram com o controle das plantas daninhas, independente da duração deste período (Tabela 17).

Houve diferenças entre as médias das variáveis de ambas as densidades de semeadura, sendo QPM a densidade que favoreceu mais à qualidade do grão, apresentando o menor valor médio de TMH (15,01 horas) e TC (23,81 minutos) quando comparados com as mesmas variáveis na densidade DPM (Tabela 17).

Tabela 17. Efeito da convivência ou controle e da duração destes períodos na qualidade dos grãos sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Fatores	15 plantas m ⁻¹			10 plantas m ⁻¹		
	Tempo máxima hidratação (horas)	Relação de hidratação	Tempo de cozimento (minutos)	Tempo máxima hidratação (horas)	Relação de hidratação	Tempo de cozimento (minutos)
Período (P)						
Convivência	15,24 a	2,10 a	24,07 a	15,70 a	2,07 a	24,52 a
Controle	14,77 a	2,10 a	23,54 a	15,61 a	2,06 a	23,69 a
Duração do período (D)						
10 DAE	14,87 a	2,10 a	23,01 a	15,39 ab	2,06 a	21,88 a
20 DAE	14,30 a	2,11 a	24,61 a	17,33 a	2,07 a	25,71 a
30 DAE	15,16 a	2,09 a	22,46 a	15,21 ab	2,07 a	23,30 a
40 DAE	14,44 a	2,09 a	25,07 a	14,39 b	2,06 a	23,86 a
50 DAE	15,05 a	2,11 a	23,20 a	16,37 ab	2,08 a	23,46 a
60 DAE	14,87 a	2,11 a	25,63 a	15,42 ab	2,05 a	23,81 a
80 DAE	16,37 a	2,10 a	22,66 a	15,40 ab	2,07 a	26,74 a
Teste F						
P	1,04 ns	0,00 ns	0,54 ns	0,02 ns	0,55 ns	1,02 ns
D	1,24 ns	0,66 ns	1,74 ns	2,60*	1,00 ns	2,22 ns
PxD	1,00 ns	0,25 ns	1,08 ns	1,92 ns	1,71 ns	1,91 ns
CV (%)	9,88	1,16	9,89	9,13	0,95	11,02
Média geral	15,01	2,1	23,81	15,64	2,07	24,11

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade. *Significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ns: não significativo. DAE: Dias após a emergência.

Na densidade QPM se detectaram diferenças estatísticas entre os tipos de período apenas para o RP11, apresentando o menor valor (16,10%) quando houve controle de plantas daninhas em comparação à convivência com essas plantas e independente da duração desses períodos (Tabela 18). Embora não haja sido reportada diferença estatística entre os períodos para as impurezas e o RP12-15, o controle da comunidade infestante favoreceu a qualidade dos grãos já que se observou o menor valor de impurezas (12,51%) e a maior porcentagem de grãos

retidos na peneiras 12-15 (71,37%), em comparação à convivência com plantas daninhas e independente da duração dos períodos mencionados (Tabela 18).

Com relação à densidade DPM, foram encontradas diferenças estatísticas na interação do período e a sua duração para as impurezas e o RP12-15, portanto os resultados foram desdobrados e mostrados nas Figuras 39 e 40. O valor de RP11 em DPM foi menor no período de controle de plantas daninhas (16,49%) quando comparado ao período de convivência, independente da duração do controle (Tabela 18).

Tabela 18. Efeito da convivência ou controle e da duração destes períodos nas impurezas e no rendimento das peneiras 11 e 12-15 (RP11 e RP12-15), sob duas densidades de semeadura do feijoeiro.

Fatores	15 plantas m ⁻¹		10 plantas m ⁻¹	
	Impurezas (%)	RP11 (%)	RP12-15 (%)	RP11 (%)
Período (P)				
Convivência	13,24 a	17,52 a	69,22 a	18,14 a
Controle	12,51 a	16,10 b	71,37 a	16,49 b
Duração do período (D)				
10 DAE	11,63 a	17,15 a	71,21 a	16,80 a
20 DAE	13,37 a	16,75 a	69,87 a	17,39 a
30 DAE	12,99 a	16,80 a	70,20 a	16,77 a
40 DAE	12,94 a	16,60 a	70,44 a	15,95 a
50 DAE	13,30 a	16,82 a	69,87 a	18,25 a
60 DAE	13,31 a	16,42 a	70,25 a	17,37 a
80 DAE	12,62 a	17,13 a	70,23 a	18,70 a
Teste F				
P	1,04 ns	4,58*	3,16 ns	5,68*
D	0,36 ns	0,08 ns	0,08 ns	1,08 ns
PxD	1,64 ns	1,77 ns	1,84 ns	2,15 ns
CV (%)	12,13	8,22	5,2	7,87
Média geral	12,88	16,81	70,3	17,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade. *Significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ns: não significativo. DAE: Dias após a emergência.

Em QPM foi reportado o menor valor médio de RP11 (16,81%) do que em DPM (17,32%). Já na densidade DPM se obteve menor porcentagem média de impurezas (11,3%) e maior RP12-15 (71,36%) em comparação à densidade QPM (Tabela 18).

No experimento com densidade DPM, os maiores valores de impurezas foram produto da convivência da cultura com as plantas daninhas em todos os períodos, exceto aos 10 e 80 DAE no qual a maior porcentagem de impurezas foi com o controle de plantas daninhas (Figura 39). A máxima porcentagem de impurezas (16,7%) registrou-se aos 50 DAE com convivência, enquanto que o mínimo valor de impurezas (7,7%) foi apontado aos 60 DAE com controle de plantas daninhas (Figura 39).

De outro lado, cabe assinalar que houve pequenas mudanças na porcentagem de impurezas dos grãos desde os períodos iniciais de convivência com a comunidade infestante. Pode se notar que durante o PAI (28 DAE) do experimento DPM, as impurezas tiveram pouca variação conforme aumentavam os dias de convivência com as plantas daninhas (Figura 39).

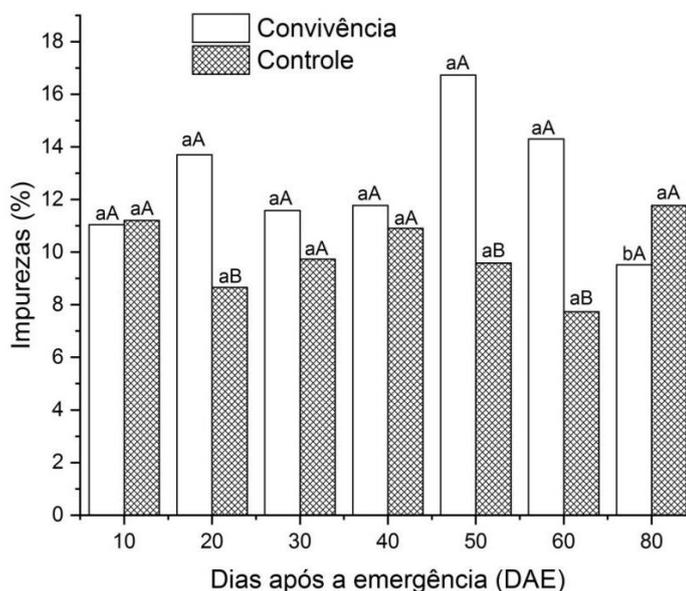


Figura 39. Porcentagem de impurezas dos grãos em função dos períodos de convivência ou controle de plantas daninhas, sob densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} . Letras maiúsculas comparam a convivência e controle em DAE específicos, letras minúsculas comparam a convivência ou controle ao longo dos DAE. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

No mesmo experimento DPM, o máximo valor de RP12-15 (77,5%) ocorreu aos 60 DAE com controle de plantas daninhas, enquanto que o mínimo valor de RP12-15 (62,8%) foi registrado aos 50 DAE com convivência (Figura 40), período pertencente ao PCPI (28 a 60 DAE). A porcentagem de RP12-15 foi superior em todos os períodos de controle, exceto aos 80 DAE. Durante o PAI, que durou 28 DAE, conforme o período de convivência aumentava, o RP12-15 não experimentou variação destacável (Figura 40).

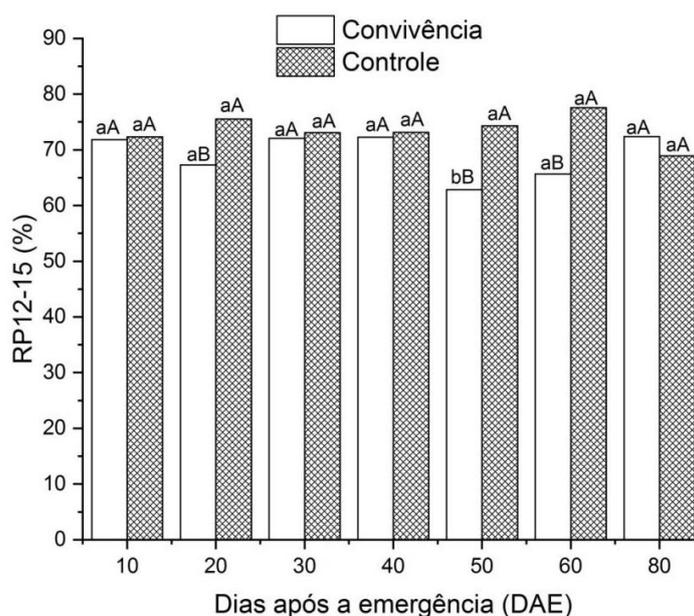


Figura 40. Rendimento das peneiras 12, 13, 14 e 15 (RP12-15) em função dos períodos de convivência ou controle de plantas daninhas, sob densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} . Letras maiúsculas comparam a convivência e controle em DAE específicos, letras minúsculas comparam a convivência ou controle ao longo dos DAE. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

4.3. Experimento C (safra no Peru)

4.3.1. Composição específica da comunidade infestante

Na densidade 12 plantas m^{-1} (DoPM) foram registradas 15 espécies distribuídas em 10 famílias (Tabela 19), sendo as famílias que mais espécies aportaram: Poaceae (3), Amaranthaceae (2), Boraginaceae (2) e Euphorbiaceae (2).

O 80% das espécies foram da classe eudicotiledônea, enquanto que o 20% foram da classe monocotiledônea.

Nos tratamentos com convivência houve 13 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 8 espécies. O 40% do total das espécies encontraram-se tanto na condição de convivência quanto na condição de controle de plantas daninhas, sendo as espécies comuns: *Amaranthus dubius*, *Bidens pilosa*, *Acalypha infesta*, *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense* (Tabela 19).

Tabela 19. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m⁻¹ (DoPM).

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Bredo	X	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Caruru	X	X
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Caruru	X	
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão-preto	X	X
Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	Crista-de-galo		X
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	Crista-de-galo	X	
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i> L.	Farinheira	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Corda-de-viola	X	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha infesta</i> Poepp.		X	X
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	X	
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Monocotiledônea				
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha		X
Poaceae	<i>Setaria verticillata</i> (L.) Beauv.	Capim-rabo-de-raposa	X	X
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Capim-massambará	X	X

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

Com relação ao feijoeiro na densidade 8 plantas m⁻¹ (OPM), a comunidade infestante foi composta por 11 espécies pertencentes a 8 famílias. Poaceae (3) e Asteraceae (2) foram as famílias que tiveram maior quantidade de espécies. A porcentagem de espécies da classe eudicotiledônea foi 73% e da classe monocotiledônea foi 27% do total da comunidade infestante (Tabela 20).

No grupo de tratamentos com convivência se registraram 9 espécies e nos tratamentos com controle de plantas daninhas 8 espécies. Houve 6 espécies comuns em ambos os grupos de tratamentos (*Amaranthus dubius*, *Bidens pilosa*, *Chenopodium murale*, *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense*), representando o 54,5% do total das plantas daninhas (Tabela 20).

Tabela 20. Espécies de plantas daninhas com densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m⁻¹ (OPM).

Família	Nome científico	Nome comum	CV	CT
Eudicotiledônea				
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Bredo	X	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Caruru	X	X
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão-preto	X	X
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Erva-botão	X	
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> (L.) Smith.	Mentruz	X	
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i> L.	Farinheira	X	X
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Corda-de-viola		X
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Gaertn.	Joá-de-capote	X	X
Monocotiledônea				
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim-pé-de-galinha		X
Poaceae	<i>Setaria verticillata</i> (L.) Beauv.	Capim-rabo-de-raposa	X	X
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Capim-massambará	X	X

CV: tratamentos com convivência, CT: tratamentos com controle

Comparando ambas as densidades, pode se perceber que o experimento DoPM teve maior número de espécies (15) do que o experimento OPM (11). As espécies que só ocorreram no ensaio DoPM foram: *Amaranthus retroflexus*, *Heliotropium angiospermum*, *Heliotropium curassavicum*, *Acalypha infesta*, *Ricinus communis* e *Portulaca oleracea*. Já no experimento OPM as espécies que só encontraram-se nessa área foram *Eclipta prostrata* e *Coronopus didymus*. As espécies comuns em ambas as densidades de semeadura foram: *Trianthema portulacastrum*, *Amaranthus dubius*, *Bidens pilosa*, *Chenopodium murale*, *Ipomoea purpurea*, *Nicandra physaloides*, *Eleusine indica*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense*, representando o 34,6% do total das 26 espécies nas duas densidades (Tabelas 16 e 17).

De maneira mais específica, nos tratamentos com convivência na densidade DoPM houve mais espécies (13) em comparação à densidade OPM (9). Além disso, o grupo de tratamentos com controle de plantas daninhas na densidade DoPM e na densidade OPM apresentaram o mesmo número de espécies (8) (Tabelas 16 e 17).

4.3.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

4.3.2.1. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Na densidade de semeadura DoPM, a máxima densidade da comunidade infestante foi 405 plantas m^2 e ocorreu aos 30 DAE com convivência, diminuindo até 64,3 plantas m^2 aos 60 DAE e aumentando depois para 152,6 plantas m^2 o período final do experimento. As seguintes espécies tiveram a máxima densidade aos 30 DAE: *Setaria verticillata* (117,3 plantas m^2), *Bidens pilosa* (86,6 plantas m^2) e *Nicandra physaloides* (60 plantas m^2) (Figura 41).

Todas as densidades das espécies mostraram tendência decrescente ao longo do tempo, porém a única espécie que não seguiu esse padrão foi *Setaria verticillata*, na qual apresentou um notório acréscimo da densidade dos 75 DAE (30,6 plantas m^2) até os 90 DAE (89,3 plantas m^2) (Figura 41).

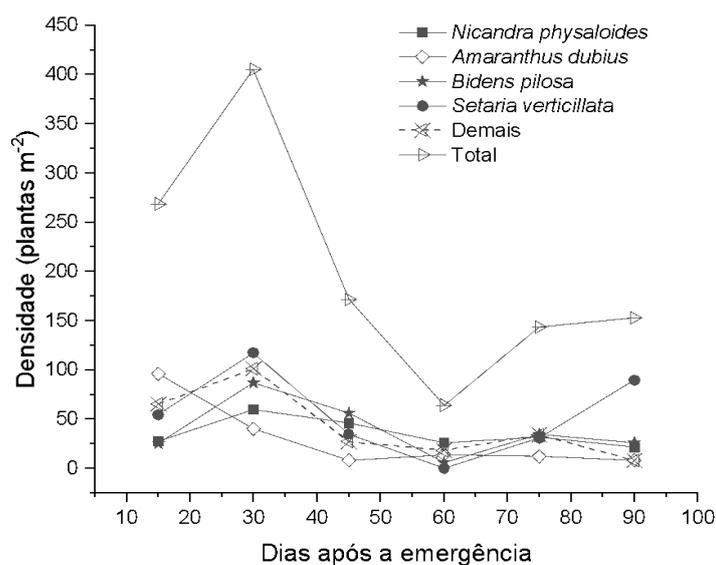


Figura 41. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m^{-1}

No experimento com densidade OPM, foi reportado 372,4 plantas m^{-2} como a máxima densidade das plantas daninhas aos 30 DAE com convivência, diminuindo até 59,3 plantas m^{-2} aos 75 DAE e aumentando para 122 plantas m^{-2} aos 90 DAE (Figura 42). *Nicandra physaloides* e *Setaria verticillata* apresentaram as maiores densidades aos 30 DAE (96 e 194,4 plantas m^{-2} , respectivamente), enquanto que *Sorghum halepense* apresentou 96 plantas m^{-2} , o máximo valor aos 90 DAE em comparação às outras espécies (Figura 42).

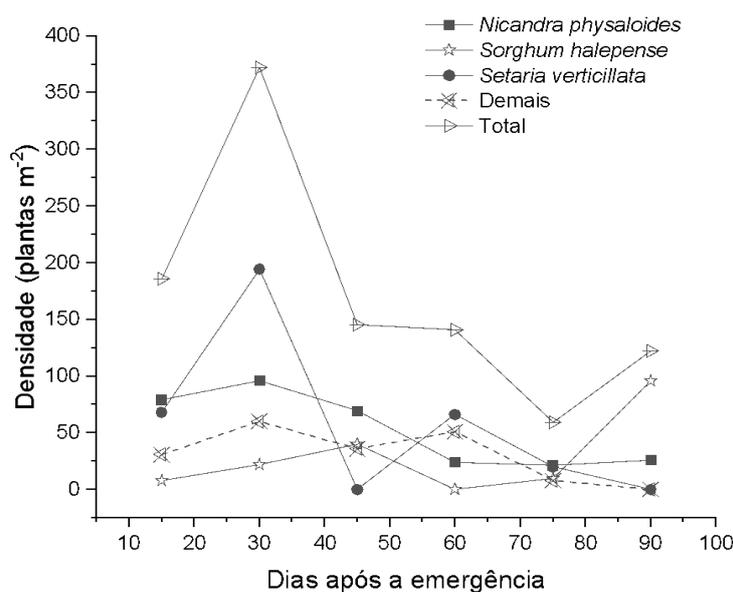


Figura 42. Densidade das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m^{-1}

No experimento DoPM a média da densidade total da comunidade infestante (200,9 plantas m^{-2}) foi maior que a média do experimento OPM (170,9 plantas m^{-2}). No entanto, as médias do número de indivíduos de *Nicandra physaloides* (52,6 plantas m^{-2}) e *Setaria verticillata* (58 plantas m^{-2}) foram superiores no experimento OPM em comparação ao experimento DoPM.

4.3.2.2. Densidade das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

No experimento DoPM, a densidade total da comunidade infestante aumentou de 106,3 plantas m^{-2} para 216,6 plantas m^{-2} conforme o período de controle

aumentou de 15 para 30 DAE, respectivamente. Depois dos 30 DAE, a densidade total só diminuiu até 0 plantas m^{-2} aos 90 DAE (Figura 43).

O número de indivíduos de *Setaria verticillata* seguiu padrão semelhante à população total, incrementado a densidade dos 15 DAE (33 plantas m^{-2}) até os 30 DAE (152 plantas m^{-2}), sendo essa a máxima densidade em comparação às outras espécies, e diminuindo gradativamente até o período final do experimento. *Sorghum halepense* e *Bidens pilosa* mantiveram as suas densidades por baixo de 50 plantas m^{-2} ao longo do ciclo da cultura, mostrando valores menos variáveis do que *S. verticillata*.(Figura 43).

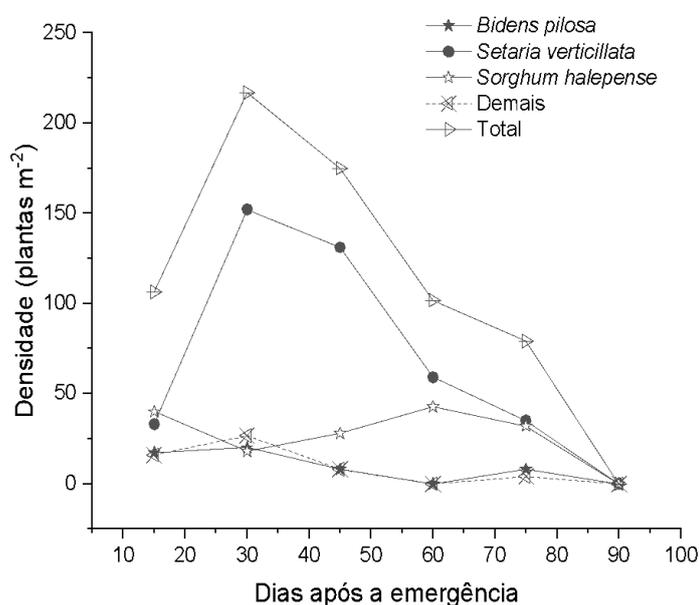


Figura 43. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de sementeira do feijoeiro de 12 plantas m^{-1}

Na densidade OPM houve dois períodos com controle (30 e 60 DAE) que mostraram o maior número de indivíduos total (104 plantas m^{-2}). Depois dos 60 DAE, a densidade da comunidade infestante decresceu notoriamente até o final do experimento. *Setaria verticillata* destacou como a espécie de maior densidade com 98,6 plantas m^{-2} aos 45 DAE, comparada com as outras espécies, enquanto que *Sorghum halepense* apresentou sua máxima densidade (48 plantas m^{-2}) aos 30 DAE, mostrando valores irregulares de densidade ao longo do ciclo da cultura (Figura 44)

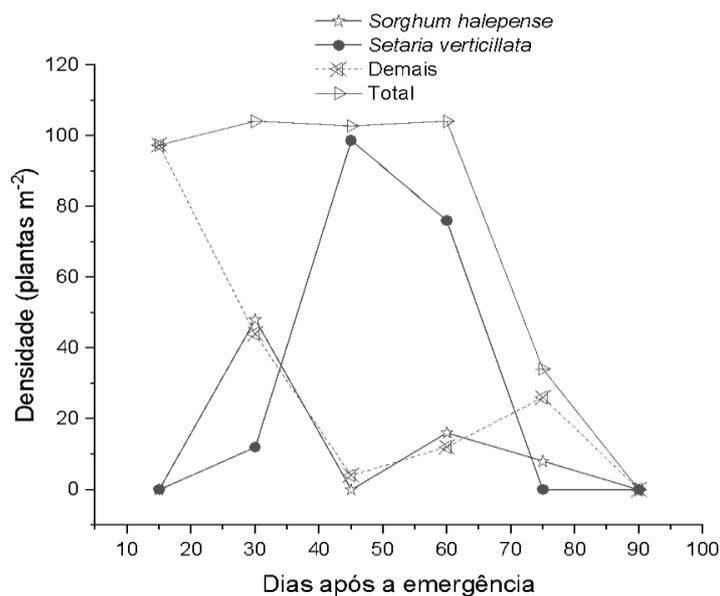


Figura 44. Densidade das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m⁻¹

No experimento DoPM a média da densidade total das plantas daninhas (118 plantas m⁻²) foi maior que a média do experimento OPM (73,6 plantas m⁻²). Porém, na análise do grupo de espécies classificadas como “demais”, as médias das densidades de *Amaranthus dubius* e *Eleusine indica* tiveram, respectivamente, 85% e 64,3% menos plantas no experimento DoPM em comparação ao experimento OPM (dados não mostrados).

O comportamento da comunidade infestante em períodos crescentes de controle foi diferente que nos períodos de convivência. As menores densidades de plantas daninhas foram registradas nos tratamentos com controle em comparação com os tratamentos com convivência (Figuras 41, 42, 43 e 44), independentemente da densidade de semeadura.

4.3.2.3. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

No experimento com densidade DoPM (Figura 45) o acúmulo de massa seca da comunidade infestante foi intenso a partir dos 45 DAE, alcançando o valor máximo de 1576,7 g m⁻² aos 75 DAE e diminuindo depois para 1259,9 g m⁻² aos 90 DAE. A massa seca de *Nicandra physaloides* segue padrão similar à massa seca

total, atingindo o máximo valor ($976,2 \text{ g m}^{-2}$) também aos 75 DAE, caindo para $576,9 \text{ g m}^{-2}$ o último período com convivência. Junto com *Sorghum halepense* e *Setaria verticillata*, destacaram como as três espécies com maior produção de massa seca ao longo do ensaio, contribuindo com o 80,5% da massa seca total aos 75 DAE.

Por outro lado, todas as espécies apresentaram queda da massa seca aos 90 DAE, com exceção de *Setaria verticillata*, que mostrou um notável acréscimo de $44,5 \text{ g m}^{-2}$ para $441,2 \text{ g m}^{-2}$, observada aos 75 e 90 DAE com convivência, respectivamente (Figura 45).

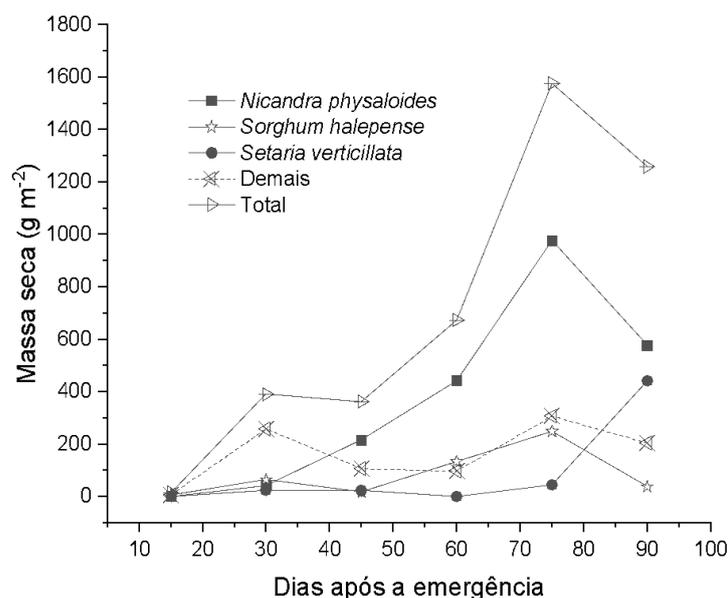


Figura 45. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de $12 \text{ plantas m}^{-1}$

Durante o experimento OPM (Figura 46) a massa seca da comunidade infestante apresentou tendência crescente, atingindo o máximo valor (1.352 g m^{-2}) aos 90 DAE com convivência, sendo *Nicandra physaloides*, com $749,6 \text{ g m}^{-2}$ no mesmo período, a principal espécie que contribuiu com o valor total. Com relação a *Sorghum halepense*, sua massa seca teve comportamento irregular até 75 DAE, mas depois desse período, a massa seca incrementou notoriamente até 90 DAE, mostrando um valor de $602,4 \text{ g m}^{-2}$.

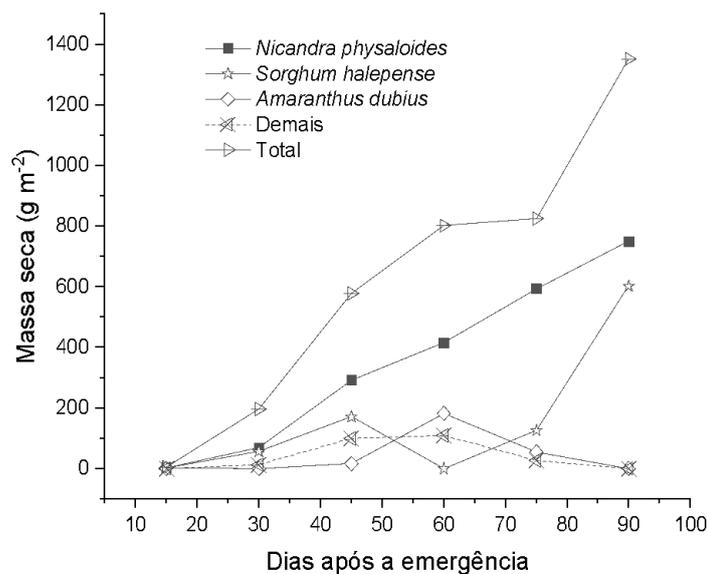


Figura 46. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m^{-1}

No experimento DoPM a média da massa seca total das plantas daninhas que conviveram com a cultura em períodos crescentes foi $712,9 g m^{-2}$, enquanto que a média do experimento OPM foi $626,1 g m^{-2}$. Contudo, *Sorghum halepense* mostrou maior média de massa seca em OPM ($159,3 g m^{-2}$) quando comparado à média da massa seca em DoPM ($84,9 g m^{-2}$).

4.3.2.4. Massa seca das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

A máxima massa seca total ($1355,5 g m^{-2}$) foi apontada aos 15 DAE no grupo de tratamentos DoPM (Figura 47). As espécies que apresentaram os mais altos valores de massa seca no mesmo período foram *Nicandra physaloides* e *Sorghum halepense* com $717,8$ e $452 g m^{-2}$, respectivamente, valores que foram decrescendo conforme aumentava o número de capinas. A massa seca de *Setaria verticillata* manteve-se por baixo de $100 g m^{-2}$ durante todo o ciclo da cultura, diminuindo notoriamente desde os 45 DAE ($85,6 g m^{-2}$) até os 90 DAE ($0 g m^{-2}$).

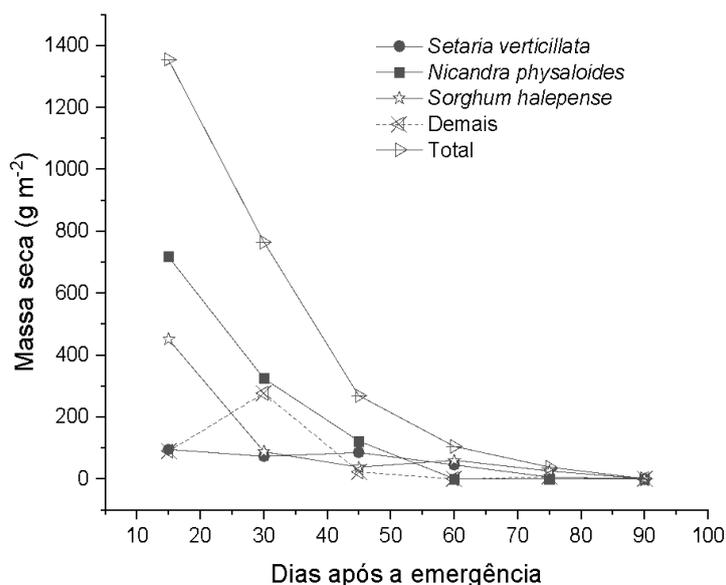


Figura 47. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m^{-1}

No experimento OPM (Figura 48) observou-se que a máxima massa seca total (495,4 $g m^{-2}$) foi aos 30 DAE, diminuindo conforme aumentava o controle até apresentar 0 $g m^{-2}$ aos 90 DAE. Destacaram *Nicandra physaloides* e *Sorghum halepense*, mostrando as maiores massas secas aos 45 e 30 DAE (228 $g m^{-2}$ e 338,4 $g m^{-2}$, respectivamente). *Setaria verticillata* foi menos favorecida com o controle, apresentando a maior massa seca (152,4 $g m^{-2}$) aos 45 DAE, valor por baixo da massa seca de *N. physaloides* e *S. halepense*.

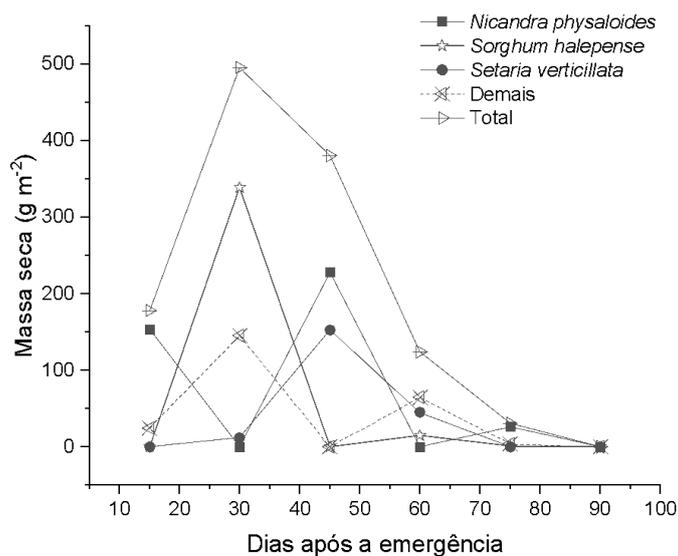


Figura 48. Massa seca das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m^{-1}

Nas condições do experimento DoPM, a média da massa seca total das plantas daninhas em períodos crescentes de controle foi 421,9 g m⁻², enquanto que a média do experimento OPM foi 201,4 g m⁻². *Nicandra physaloides*, *Sorghum halepense* e *Setaria verticillata* tiveram os maiores valores de massa seca média em DoPM (194,1; 110,6 e 50,8 g m⁻², respectivamente), quando comparado ao experimento OPM (67,9; 58,9 e 34,8 g m⁻², respectivamente).

4.3.3. Fitossociologia da comunidade infestante

4.3.3.1. Importância Relativa das plantas daninhas com relação ao período de convivência sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Nos períodos de convivência na densidade DoPM, observou-se que aos 15 e 30 DAE os máximos valores de IR (48,9% e 52,7%, respectivamente) foram para as espécies classificadas como “demais” (Figura 49), sendo *Amaranthus dubius* (23,2% e 10,6%, respectivamente) e *Bidens pilosa* (11,8% e 16,5%, respectivamente) as espécies que aportaram mais nesses valores de IR. Depois dos 30 DAE, a IR das espécies “demais” foi diminuindo progressivamente até o final do ciclo da cultura (Figura 49).

Nicandra physaloides destacou sobre todas as espécies com os valores de IR 48,7% e 38,5% aos 60 e 75 DAE com convivência, respectivamente. A única espécie que incrementou a IR dos 75 aos 90 DAE foi *Setaria verticillata*, apresentando 41,2%, o máximo valor em comparação às outras espécies aos 90 DAE (Figura 49).

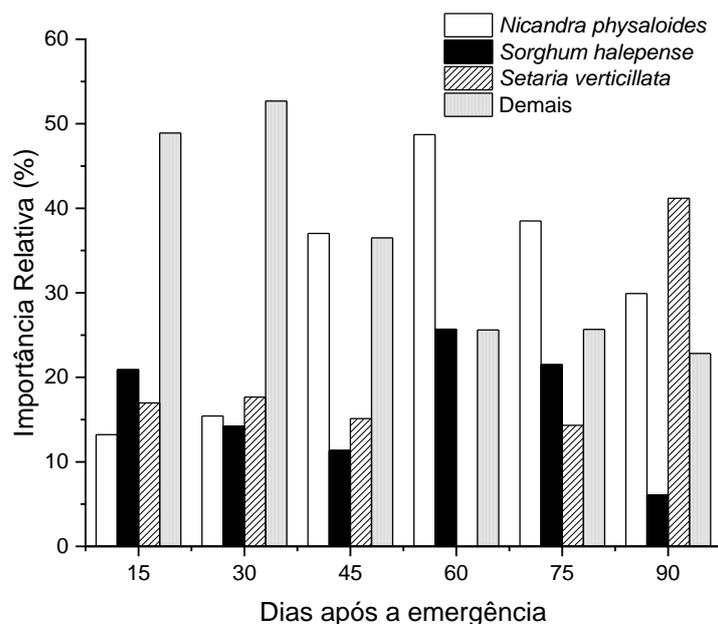


Figura 49. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m⁻²

Em OPM (Figura 50), a maior IR foi de *Nicandra physaloides* aos 75 DAE (54,2%), diminuindo depois para 47,8% aos 90 DAE. Além disso, essa espécie destacou pelas maiores IR aos 15 (35,2%) e 45 DAE (47%) com convivência.

Com uma IR de 36,1%, *Setaria verticillata* sobressaiu só aos 30 DAE, diminuindo depois até desaparecer aos 90 DAE. Nesse último período *Sorghum halepense* teve a maior IR (52,2%) comparado às outras espécies (Figura 50).

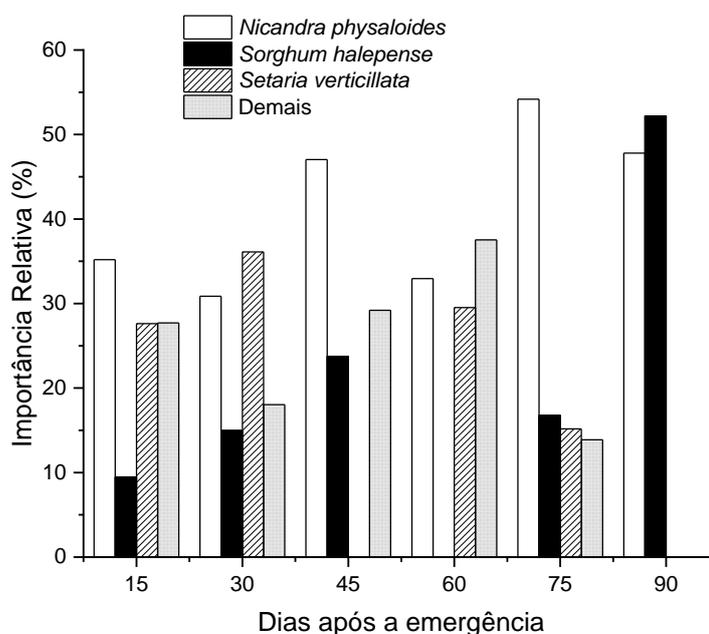


Figura 50. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de convivência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m⁻²

Com relação aos valores médios de IR em ambas as densidades, percebeu-se que na densidade OPM a IR média de *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense* foi 41,3%; 18% e 19,5%; respectivamente e na densidade DoPM foram 30,5%; 17,5% e 16,6%; respectivamente.

4.3.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas com relação ao período de controle sob duas densidades de semeadura do feijoeiro

Na densidade DoPM, a IR de *Setaria verticillata* cresceu de forma progressiva, conforme aumentava o controle, até exibir os valores de 52,2% e 52,9% (os maiores comparados com as outras espécies) nos períodos de controle 45 e 60 DAE, respectivamente (Figura 51).

Por outro lado, *Bidens pilosa* apresentou IR por baixo de 17% durante o tempo que durou o ensaio. *Sorghum halepense* apenas destacou em relação às demais espécies aos 75 DAE, mostrando 40,9% de IR (Figura 51).

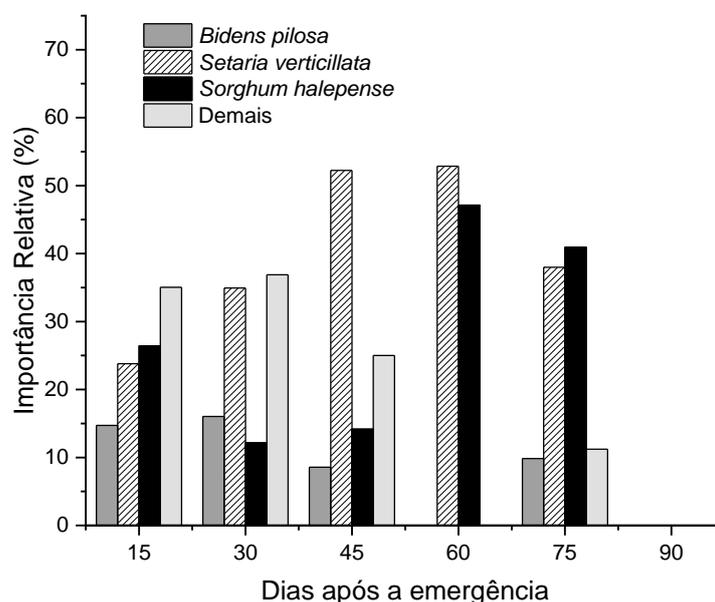


Figura 51. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m^{-1}

No caso dos tratamentos com densidade de semeadura OPM (Figura 52), enquanto aumentou o período de controle, diminuiu a IR de *Nicandra physaloides* dos 15 até os 45 DAE, no entanto aos 75 DAE aumentou a IR, mostrando um valor

de 51,2%, o maior em comparação às outras espécies nesse período. O controle de plantas daninhas depois dos 45 DAE diminuiu as porcentagens de IR de *Setaria verticillata* e as “demais” espécies, porém aumentou o valor de IR de *N. physaloides* e *Sorghum halepense*.

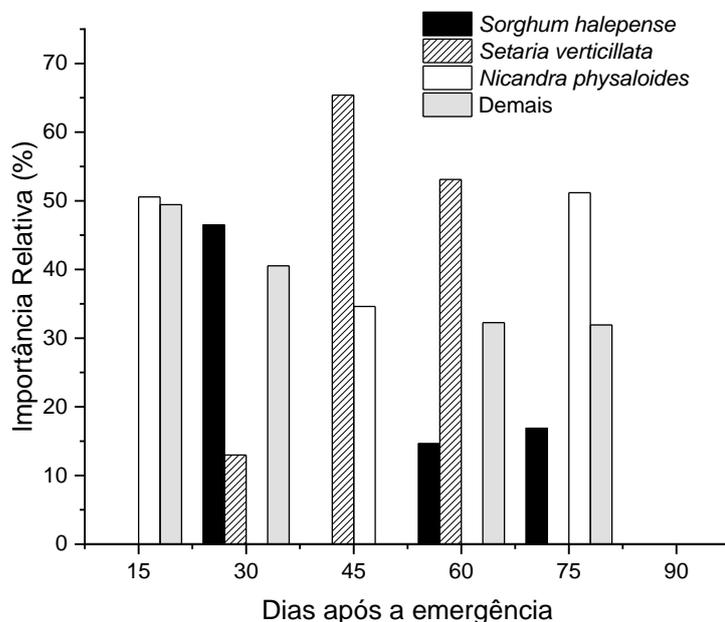


Figura 52. Importância Relativa das plantas daninhas nos períodos de controle sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m^{-1}

Na densidade de semeadura OPM a IR média de *Setaria verticillata*, *Sorghum halepense* e *Nicandra physaloides* foi 21,9%; 13% e 22,7%; respectivamente. Já na densidade DoPM os valores médios de IR de *S. verticillata*, *S. halepense*, *N. physaloides* e *Bidens pilosa* foram 33,6%; 23,4%; 12,4% e 8,2%; respectivamente.

4.3.4. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro

4.3.4.1. Períodos de interferência

Nas condições do experimento com densidade de semeadura DoPM, observou-se que o tempo que a cultura pôde conviver com as plantas daninhas sem comprometer a produtividade (PAI) foi 33 DAE. Além disso, o período total de prevenção à interferência (PTPI) foi 69 DAE e o período crítico de prevenção à

interferência (PCPI) ocorreu dos 33 até os 69 DAE, limitando um espaço de tempo de 36 dias (Figura 53).

Com relação à produtividade entre tratamentos com densidade DoPM, houve queda em 45,3% na produtividade do feijoeiro que conviveu permanentemente com plantas daninhas ($708,8 \text{ kg ha}^{-1}$) quando comparado à cultura com controle dessas plantas durante todo o seu ciclo ($1.296,0 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 53).

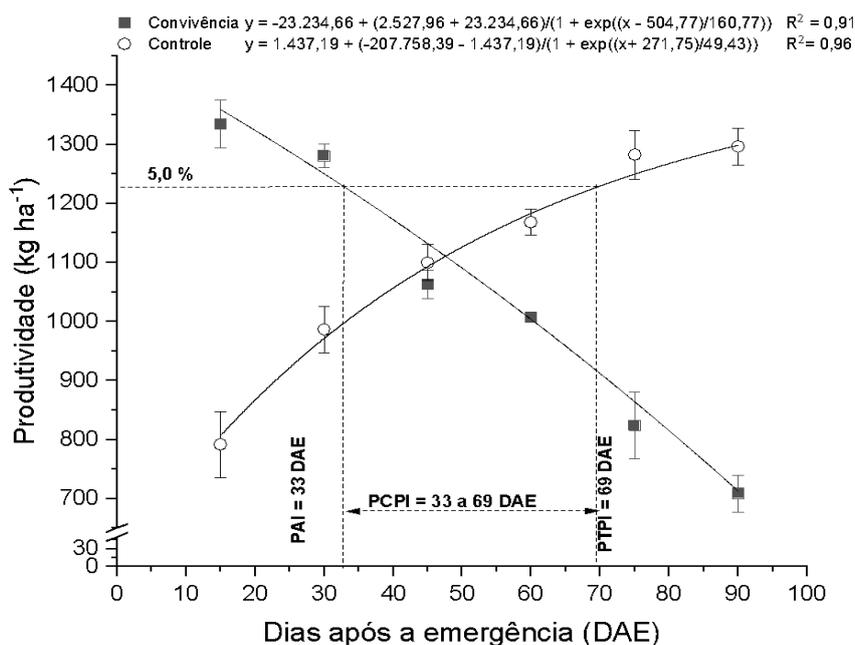


Figura 53. Períodos de interferência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 12 plantas m^{-1}

Por outro lado, no experimento com densidade OPM (Figura 54), observou-se que o PAI abrangeu 29 DAE e o PTPI 82 DAE. Consequentemente o PCPI começou aos 29 DAE e estendeu-se até 82 DAE, perfazendo um trecho de tempo igual a 53 dias.

Entre os tratamentos com densidade OPM evidenciou-se redução da produtividade em 92,9% no tratamento do feijoeiro convivendo com a comunidade infestante todo o ciclo ($137,6 \text{ kg ha}^{-1}$) em comparação ao tratamento sempre livre de plantas daninhas ($1.948,2 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 54).

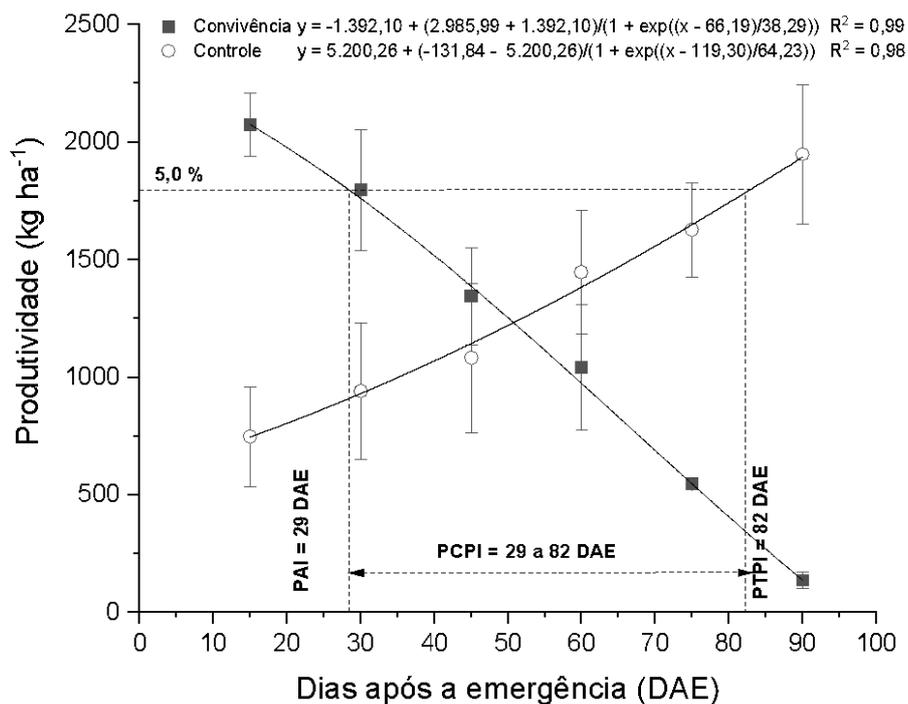


Figura 54. Períodos de interferência sob densidade de semeadura do feijoeiro de 8 plantas m^{-1}

Nas condições da alta densidade de semeadura do experimento DoPM, o PCPI teve 17 dias menos que o PCPI na densidade OPM. Além disso, o PAI em DoPM foi quatro dias maior que o PAI do experimento OPM (Figuras 53 e 54).

A respeito da produtividade em ambas as densidades de semeadura, se calculou que a produtividade do tratamento com convivência permanente em OPM foi 80,6% menor do que em DoPM. Por outro lado, no tratamento com controle de plantas daninhas todo o ciclo da cultura, a produtividade foi 33,5% maior na densidade OPM do que na densidade DoPM (Figuras 53 e 54).

4.3.4.2. Interferência das plantas daninhas na produtividade

Observou-se que conforme a massa seca aumentava, a produtividade do feijoeiro diminuía em ambas as densidades de semeadura. Porém essa diminuição da produtividade foi mais marcante na densidade OPM, mostrando 137,63 $kg\ ha^{-1}$ em comparação à produtividade em torno de 800 $kg\ ha^{-1}$ em DoPM, quando a massa seca da comunidade infestante foi 1.352 $g\ m^{-2}$ (Figura 55).

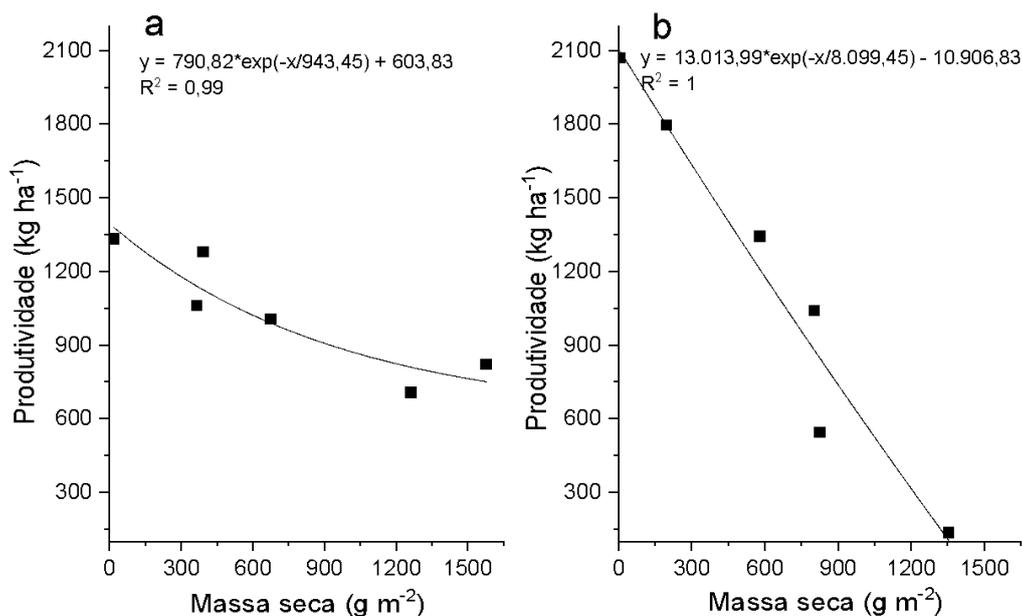


Figura 55. Influência da massa seca das plantas daninhas na produtividade do feijoeiro com densidade de semeadura de 12 plantas m⁻¹ (a) e 8 plantas m⁻¹ (b).

5. DISCUSSÃO

5.1. Experimento A

5.1.1. Composição específica da comunidade infestante

Em ambas as densidades de semeadura a família que sobressaiu no aporte de espécies foi Poaceae, devido a sua ampla distribuição no mundo, apresentando entre 11.000-12.000 espécies adaptadas as mais diversas condições como os bosques da floresta, desertos, desde os polos ao equador e desde o nível do mar até grandes altitudes (Kellogg, 2015).

O 39% do total das espécies foram comuns em ambas as densidades, devido ao fato de ter sido instalados os ensaios em áreas próximas. Adicionalmente, importante mencionar que essa quantidade de espécies comuns em ambas as densidades significa que a mudança de uma densidade para outra não causou grande mudança de espécies, ou seja, não diversificou a comunidade infestante. Shrestha et al. (2002) afirmaram que as mudanças na diversidade de espécies de uma comunidade infestante é um processo de longa duração resultado da interação

do preparo do solo, tipo de solo, rotação de culturas e as práticas de manejo de plantas daninhas.

Se bem se encontraram várias espécies comuns, houve algumas espécies exclusivas para cada densidade devido às condições específicas geradas na densidade QPM e DPM. Por exemplo, algumas das espécies que só ocorreram na densidade QPM é muito provável que estejam adaptadas a condições de rápido sombreamento e intensa competição; o caso contrário com as espécies que apareceram só na densidade DPM. Uma das espécies que ocorreram apenas no experimento com menor densidade de semeadura foi *Coronopus didymus*, não sendo por acaso sua presença nessas condições. Devido a seu porte baixo, pouca produção de folhas e escasso desenvolvimento radicular, não prospera em condições de intensa competição, especialmente por luz. Segundo Moreira e Bragança (2011) é uma espécie herbácea anual, com caule prostrado, ramificado, cujos ramos se orientam radialmente em relação ao caule principal.

Outro caso foi *Amaranthus retroflexus*, que possui características contrastantes com *Coronopus didymus*, tais como: porte alto, sistema radicular profundo e fibroso, abundante produção de folhas e sementes. Lorenzi (2014) coincide na descrição dessa espécie ao asseverar que é uma planta robusta, anual, ereta, ramificada de até 180 cm de altura. Esses atributos permitiram à espécie se desempenhar melhor nas condições da densidade QPM.

O número de espécies foi sempre maior em períodos crescentes de convivência em comparação à quantidade de espécies em períodos com controle de plantas daninhas, independente da densidade de semeadura. Essa diferença deve-se à maior vantagem competitiva das plantas daninhas quando conviveram cada vez mais tempo com a cultura, gerando-se melhores condições para o estabelecimento da comunidade infestante.

Por outro lado, os tratamentos com controle de plantas daninhas tiveram o menor número de espécies porque o controle progressivo favoreceu à cultura nas primeiras etapas devido ao maior aproveitamento dos recursos pela menor competição interespecífica. Em outros termos, o número de espécies de plantas daninhas foi menor por causa da maior competição da cultura nas primeiras etapas devido aos períodos crescentes de controle.

A maioria das espécies encontradas em ambas as densidades de semeadura compõem comumente a comunidade infestante na cultura do feijoeiro. Espécies como *Alternanthera tenella*, *Amaranthus retroflexus*, *Commelina benghalensis*, *Ipomoea quamoclit*, *Senna obtusifolia*, *Cenchrus echinatus* *Panicum maximum* e *Eleusine indica* foram indicadas por Tavares et al. (2013) na safra de primavera verão, a mesma época do presente estudo. Mielle et al. (2019) analisaram os períodos de interferência e a comunidade infestante do feijoeiro em Jaboticabal, achando *Acanthospermum hispidum*, *Raphanus raphanistrum*, *Cyperus rotundus*, *Portulaca oleracea*, *Richardia brasiliensis*, *Solanum americanum*, espécies que coincidem com as registradas neste estudo.

Em ambas as densidades de semeadura a porcentagem de eudicotiledôneas foi maior do que as monocotiledôneas devido a que a primeira classe botânica é superior em número de espécies com relação à segunda classe botânica. A classe eudicotiledônea tem descritas aproximadamente 190.000 espécies (75% das angiospermas) (Simpson, 2019a) e a classe monocotiledônea compreende umas 56.000 espécies (22% das angiospermas) (Simpson, 2019b).

5.1.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

5.1.2.1. Densidade das plantas daninhas em períodos de convivência

Em geral, em ambos os experimentos com convivência a densidade das plantas daninhas diminuiu ao longo do tempo porque ao aumentar o tempo de convivência vão escasseando os recursos para os indivíduos, aumentando a competição intra e interespecífica, portanto só as espécies mais competitivas irão se beneficiar e outras espécies irão se prejudicar, ficando ao final do experimento poucos, mas vigorosos indivíduos. Essa afirmação é congruente com trabalhos de matocompetição em feijoeiro realizados por Oliveira et al.(2019), Mielle et al. (2019) e Parreira et al. (2014).

As maiores densidades de plantas daninhas foram registradas no período inicial de convivência (10 DAE) devido a que os recursos eram suficientes para uma grande quantidade de indivíduos pouco desenvolvidos, podendo coexistir a

comunidade infestante com a cultura sem afetar negativamente a produtividade (Agostinetto et al., 2021).

Quando comparadas ambas as densidades de semeadura, a maioria das espécies tiveram alta densidade nos tratamentos QPM com convivência, o que evidenciou que essas condições de alta competição intra e interespecífica favoreceram o número de indivíduos especialmente de *Digitaria nuda* e *Raphanus raphanistrum*. Além disso, as condições geradas na densidade QPM (elevada umidade retida no solo por causa da maior cobertura foliar) influíram positivamente na maioria das espécies. Então propiciou-se um ambiente favorável para a germinação e estabelecimento das espécies supracitadas. Hugo et al. (2014b) determinaram que porcentagens de germinação acima dos 50% são conseguidas quando as sementes de *Digitaria nuda* são submetidas a temperaturas flutuantes entre 15 e 30 °C, valores registrados no nosso estudo e que explica a persistência dessa espécie em ambas as safras do feijão (Experimento A e B).

Já no experimento DPM o maior destaque em relação ao número de indivíduos foi para *Nicandra physaloides*, espécie que encontrou o ambiente adequado para se estabelecer em decorrência do maior espaço e luz, insumos necessários para a germinação e estabelecimento. Watanabe et al. (2002) encontraram maior resposta na germinação quando as sementes de *Nicandra physaloides* foram submetidas a tratamentos com calor e luz, em comparação ao tratamento com calor e obscuridade.

5.1.2.2. Densidade das plantas daninhas em períodos de controle

Independentemente da densidade de semeadura é evidente a menor quantidade de plantas daninhas nos tratamentos com períodos crescentes de controle de plantas daninhas, o que significa que o feijoeiro permaneceu sem competição cada vez mais tempo, beneficiando assim à cultura, que produziu a cobertura suficiente para desfavorecer a germinação e estabelecimento de algumas espécies.

Alguns autores como Marques et al. (2017) reportaram que em períodos crescentes de controle o número de indivíduos de plantas daninhas ao início é baixo

e vão aumentando até atingir o máximo número nos períodos finais do experimento. Porém, neste trabalho a densidade das plantas daninhas não foi crescente nas condições do experimento. Isso se deve ao fato do feijoeiro produzir abundante cobertura (principalmente na densidade QPM) o que pode ter influenciado negativamente na germinação e emergência de algumas espécies depois dos períodos de controle, diminuindo assim o número de indivíduos. Em outras palavras, depois do controle o ambiente para germinar pode não ser favorável para algumas espécies se a densidade de semeadura do feijoeiro ou outra cultura for elevada. Da Silva et al. (2013) reportaram para o caso do girassol, por causa da sua elevada capacidade de produzir cobertura, a densidade da comunidade infestante foi decrescendo conforme aumentavam os períodos de controle.

Na densidade QPM *Digitaria nuda* prevaleceu sobre as demais espécies, ou seja, nas condições de controle ela foi mais favorecida em termos de número de indivíduos. O solo com controle progressivo de plantas daninhas criou condições ótimas para a germinação dessa espécie, podendo se estabelecer durante todo o ciclo da cultura. Hugo et al. (2014a) afirmaram que se os recursos como a luz, nutrientes e umidade do solo não são limitados, *D. nuda* pode emergir durante todo o ciclo na cultura de milho, requerendo o controle permanente até o final do período total de prevenção a interferência.

No experimento DPM, como foi dito, *Nicandra physaloides* foi a espécie mais beneficiada. O ambiente com mais luminosidade (menor densidade de semeadura) foi importante para favorecer a germinação de *N. physaloides*, mesmo essa espécie tenha sementes que apresentam dormência.

O maior número de indivíduos aos 80 DAE com controle ocorreu na densidade DPM em comparação com QPM, no qual evidencia que o ambiente com menor cobertura da cultura propiciou maior passo da luz, portanto favoreceu a germinação e emergência das espécies, incrementando assim o número de indivíduos ao final do ciclo do feijoeiro. No entanto, a densidade da comunidade infestante foi irregular ao longo do experimento, em decorrência da germinação escalonada que dispersa as espécies ao longo do tempo, assegurando a sua perpetuação. Conforme mudaram as condições restritivas para a germinação, a dormência foi superada e algumas espécies conseguiram germinar e se estabelecer,

mas outras que não superaram, passaram a conformar o banco de sementes, podendo infestar em outra época. Qasem (2019) indicou que as sementes no solo representam a população passiva de plantas daninhas que ficam viáveis por períodos extensos de tempo e são capazes de reinfestar campos agrícolas, apesar do esforço para controlar a população de plantas daninhas encontradas acima do solo.

Embora as pesquisas sobre densidade de plantas daninhas relatam os prejuízos que ocasionam na cultura do feijão, é relevante saber o momento do ciclo da cultura que ocorrem essas altas densidades. Se a alta população ocorresse em períodos iniciais da cultura (depois do PAI) o efeito negativo será maior se acontecesse no final do ciclo.

5.1.2.3. Massa seca das plantas daninhas em períodos de convivência

Nos experimentos com convivência, enquanto a densidade das plantas daninhas diminuía, a massa seca aumentava em decorrência da massa de alguns poucos indivíduos melhor adaptados e muito competitivos que ficaram até o ciclo final do feijoeiro, desenvolvendo-se mais que outros indivíduos, suprimindo-os. Os trabalhos de Stagnari e Pisante (2011), Odero e Wright (2018) e Lacerda et al. (2020) tiveram resultados de tendência crescente da massa seca das plantas daninhas em períodos de convivência semelhante ao nosso estudo.

Na densidade DPM predominou *Nicandra physaloides* com altos valores de massa seca, superando a massa seca mostrada nos tratamentos QPM. Mas no experimento QPM foram duas espécies (*N. physaloides* e *Brachiaria plantaginea*) que mantiveram elevada e crescente massa seca ao longo do ensaio, o que pode trazer maior prejuízo à cultura devido ao efeito conjunto de ambas as espécies, embora isso vá depender também da natureza agressiva de cada espécie. Lage et al. (2017) revelaram que o consórcio picão-preto + capim-marmelada (147,5 plantas m⁻² de cada espécie) impactou mais do que as espécies isoladas no feijoeiro, causando o máximo detrimento na massa seca das folhas, caule, raiz, parte reprodutiva e taxa de crescimento da cultura.

Nicandra physaloides foi a mais favorecida nos tratamentos DPM, produzindo muita mais massa seca que no experimento QPM, devido a que em DPM tinha mais espaço, luz e areação para se desenvolver e extrair nutrientes e assim formar abundante biomassa. Uljol et al. (2018) explicaram que *N. physaloides* é uma espécie muito vigorosa e de ótima produção de cobertura. Mesmo em baixa densidade, pode acumular grande quantidade de massa seca e sobressair como espécie dominante.

Embora *Nicandra physaloides* haja sido considerada no experimento uma espécie muito competitiva, levando em consideração sua grande capacidade extrativa, pode ser útil também como adubo verde. De Matos et al. (2018) encontraram que essa espécie possui baixa relação C/N, baixos níveis de NDF (celulose, hemicelulose e lignina) e ADF (celulose e lignina), além de um elevado acúmulo de nutrientes, no qual sugere que resíduos de *N. physaloides* podem ser rapidamente descompostos e server na ciclagem de nutrientes no solo.

5.1.2.4. Massa seca das plantas daninhas em períodos de controle

De forma geral, se vê tendência decrescente da massa seca das plantas daninhas conforme o período de controle aumentava. Isso devido a que depois de cada capina, o tempo para o desenvolvimento das espécies era cada vez menor, portanto, a extração de nutrientes e acúmulo de massa seca também. Porém *Nicandra physaloides* teve comportamento irregular no experimento DPM, com incrementos e diminuições de massa seca até os 40 DAE, o que provavelmente aconteceu pela sua germinação em diferentes momentos, apresentando maiores fluxos de germinação quando as condições eram favoráveis. Se bem essa espécie produz grande quantidade de sementes, estas apresentam dormência, portanto se espera germinação escalonada ao longo do tempo. Segundo CABI (2022a), sementes de *N. physaloides* apresentam dormência que pode ser superada removendo o tegumento, somado às boas condições de umidade e temperatura no solo. Coincidentemente Marques et al. (2017) reportaram também valores irregulares de massa seca de *Nicandra physaloides* em períodos crescentes de controle na

cultura de berinjela cultivada com tutoramento e desbrota, sistema que favoreceu o passo da luz e aeração, condições similares na densidade DPM do feijoeiro.

5.1.3. Fitossociologia da comunidade infestante

5.1.3.1. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de convivência

De acordo aos valores de densidade e massa seca em períodos com convivência e controle, era previsível que *Nicandra physaloides* seja a espécie mais importante do Experimento A em ambas as densidades de semeadura. No entanto, nas condições da densidade DPM a importância relativa (IR) foi maior que em QPM por causa de ter mais espaço, luz e recursos em geral, especialmente nos períodos iniciais de convivência, o que favoreceu seu estabelecimento, convertendo-se assim na principal espécie competindo com o feijoeiro. Autores como Uljol et al. (2018), Bachega et al. (2013) e Amaral et al. (2019) também registraram altos valores de IR de *N. physaloides* em períodos crescentes de convivência em pimentão, quiabo e cana-de-açúcar, respectivamente, o que evidencia a grande capacidade infestante da espécie em agroecossistemas distintos.

Brachiaria plantaginea apresentou valores baixos, mas crescentes de IR ao longo do experimento QPM. A elevada cobertura da cultura e as plantas daninhas não favoreceu o desenvolvimento da espécie supracitada. Segundo CABI (2022b), a ótima cobertura da cultura pode inibir a germinação e/ou o estabelecimento de plântulas dessa espécie. Contudo, no período final do ensaio, por causa da intensa competição, a IR de *Nicandra physaloides* teve leve queda, o que foi aproveitado por *B. plantaginea* que mostrou importante acréscimo da IR.

A espécie que não teve a relevância como em outras culturas foi *Eleusine indica* que mostrou valores decrescentes de IR nos períodos de convivência, independente da densidade de semeadura do feijoeiro. Isso aconteceu possivelmente pela baixa participação no banco de sementes e por algumas características da biologia da espécie que não prosperou nesse ambiente de intensa competição por luz, principalmente com *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* a partir dos 40 DAE. Chauhan e Johnson (2008a) registraram porcentagens de

germinação de *E. indica* menores do que 30% quando suas sementes frescas foram submetidas a períodos sem luz com temperaturas alternantes de 35/25, 30/20 e 25/15 °C.

A segunda espécie com maior IR nos períodos de convivência foi *Digitaria nuda*, independente da densidade de semeadura. Já Parreira et al. (2014) haviam reportado a *Digitaria* sp. como a segunda espécie com maior IR em três cultivares de feijão-comum, destacando principalmente na convivência com a cultivar Pérola. Dias et al. (2007) consideraram as espécies do gênero *Digitaria* altamente agressivas, alelopáticas e muito hábeis competindo com as culturas, inclusive em períodos de seca, portanto os danos no feijoeiro podem ser importantes.

O equilíbrio na IR visto aos 80 DAE com convivência (testemunha sem controle) no experimento QPM, pode se atribuir à alta competição inter e intraespecífica nessas condições, não tendo recursos suficientes para todas as espécies, isso não permitiu o destaque de uma espécie em particular. Caso contrário ocorreu no experimento DPM, onde a menor quantidade de plantas de feijão permitiu que mais espaço e outros recursos ficaram disponíveis para as espécies mais competitivas, neste caso foi *Nicandra physaloides*.

5.1.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de controle

A medida que aumentavam os dias de controle, a cultura se beneficiava, ainda mais na densidade QPM, na qual a cultura formou ótima cobertura, competindo bem com *Nicandra physaloides* que apresentou menor IR em comparação à densidade DPM. Em outros termos, na densidade QPM houve intensa competição entre a cultura, *N. physaloides* e as demais espécies, comprometendo assim algum componente da IR (frequência, densidade ou/e massa seca) de *N. physaloides*. Ujfol et al. (2018) e Marques et al. (2017) mostraram resultados similares de IR dessa espécie em períodos com controle crescente de plantas daninhas em pimentão e berinjela, respectivamente.

Na densidade DPM *Nicandra physaloides* mostrou o máximo valor de IR no período 30 DAE com controle devido provavelmente à maior disponibilidade de nitrogênio visto que a adubação de cobertura foi aplicada aos 26 DAE, portanto *N.*

physaloides beneficiou-se devido à sua habilidade de se desenvolver melhor em solos férteis. O trabalho de De Matos et al. (2015) objetivou avaliar o efeito de doses de N, P e K no crescimento de *N. physaloides*, concluindo que ela adaptou-se bem em solo fértil, mostrando crescimento acelerado na fase inicial. Desta forma, essa espécie tem elevado potencial competitivo em solos de alta fertilidade, o que representa sério problema em culturas com uso intensivo de fertilizantes, como o feijoeiro por exemplo.

Na densidade DPM, o controle de plantas daninhas depois dos 40 DAE foi importante já que diminuíram os valores de IR de três espécies importantes: *Nicandra physaloides*, *Digitaria nuda* e *Eleusine indica*, no qual foi positivo para a cultura dada a agressividade dessas espécies. Esses valores de IR foram mínimos aos 80 DAE com capinas; contudo, deve-se considerar que o controle de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura não é justificável desde o ponto de vista econômico. Hugo et al. (2014a) afirmaram que *D. nuda* se bem pode germinar e se desenvolver durante todo o ciclo da cultura do milho, o controle por períodos longos é muito caro e não é prático.

5.1.4. Períodos de interferência

Nas condições do Experimento A, a semeadura em alta densidade (QPM) fez diminuir o PCPI comparado com a menor densidade (DPM), portanto a alta população de plantas tornou à cultura mais competitiva que algumas espécies de plantas daninhas, diminuindo assim o tempo em que a cultura é mais sensível à infestação da comunidade infestante. Parreira et al. (2011) asseveraram que o uso do espaçamento e densidade de semeadura adequado pode incrementar a capacidade competitiva do feijoeiro com relação às plantas daninhas por causa da rápida e melhor cobertura do solo, variando de acordo à cultivar e condições edafoclimáticas. Adicionalmente, um PCPI curto se traduz em menor tempo controlando as plantas daninhas, conseqüentemente o custo do controle pode ser menor (menor número de capinas, uso de baixas doses ou poucas aplicações de herbicidas pós-emergentes) em comparação a um PCPI longo.

Com relação à densidade de semeadura DPM, o longo PCPI aconteceu pela baixa habilidade competitiva da menor população de plantas da cultura com a comunidade infestante. A espécie que mais aproveitou essa desvantagem da cultura foi *Nicandra physaloides*, apresentando os maiores valores médios de IR, tanto nos períodos de convivência quanto de controle em DPM, em comparação à densidade QPM. O sucesso da espécie foi pela sua excelente capacidade competitiva em decorrência da abundante produção de biomassa e sementes, acrescentando o reservatório no solo para futuras infestações por causa da dormência. Além disso, é uma espécie alelopática, possuindo a raiz alcaloides pirrolidínicos e tropânicos, as folhas esteroides e os frutos compostos fenólicos (Pinto Carrasco, 2019).

Por outro lado, a alta densidade permitiu que a cultura pudesse conviver mais tempo com as plantas daninhas nos períodos iniciais sem experimentar grandes perdas na produtividade, o que significou um PAI mais longo que o PAI na menor densidade DPM. Quer dizer que a elevada população da cultura acelerou o fechamento das entrelinhas, fazendo-a suportar a pressão das plantas daninhas maior tempo comparado com a densidade DMP. Scholten et al. (2011) encontraram na cultura do feijoeiro que o maior PAI foi com espaçamento de 0,45 m e densidade de semeadura 15 plantas m^{-1} (27 DAE), quando comparado na cultura com espaçamento de 0,60 m e densidade de 10 plantas m^{-1} (13 DAE), resultado similar ao nosso estudo.

De outra parte, essa vantagem competitiva da cultura não se refletiu na produtividade na densidade QPM, devido à maior competição intraespecífica e ao ambiente úmido com temperaturas amenas produto da alta cobertura, que foram condições ótimas para a infestação de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* (murcha de fusarium) e *Xanthomonas phaseoli* pv. *phaseoli* (crestamento bacteriano) no estágio R8, o que teve também impacto negativo na produtividade do feijoeiro. A murcha de fusarium é uma doença típica da combinação entre temperaturas amenas e alta umidade do solo (Wendland et al., 2018) e o crestamento bacteriano se desenvolve bem em temperaturas entre 25 e 32°C, sendo a presença de chuvas favorável para a multiplicação da bactéria (Canale et al., 2020). Segundo os dados climáticos do ano 2020, as condições apresentadas aos 63-65 DAE (estádio R8)

foram propícias para a infestação em conjunto de ambas as doenças, prejudicando a produção mais na densidade QPM.

Em contrapartida, na densidade DPM a infestação das doenças supracitadas foi mais atenuada e o controle ficou mais simples do que nas condições da alta densidade de semeadura. Costa et al. (2009) asseveraram que no feijoeiro a baixa população de plantas facilitam os tratos culturais e, por outro lado, populações maiores podem favorecer a incidência de doenças.

Em resumo, a causa da menor produtividade em QPM refere-se ao efeito conjunto da maior infestação de doenças e à forte competição intraespecífica, devido ao elevado número de plantas de feijão e as condições climáticas do ano 2020.

5.1.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade

O maior prejuízo da massa seca crescente da comunidade infestante na produtividade foi na densidade QPM em comparação à DPM. Isso ocorreu porque a alta população da cultura junto com a grande produção de massa seca das plantas daninhas originou elevada competição intra e interespecífica, fazendo os recursos cada vez mais escassos. Karavidas et al. (2022) complementam a explicação ao afirmar que o potencial genético do feijoeiro-comum para formar as vagens pode ser diminuído pela competição por espaço e nutrientes que causa a elevada densidade de semeadura. Adicionalmente à intensa competição, as condições na densidade QPM favoreceram a forte infestação da murcha do fusarium e o crestamento bacteriano.

A presença das plantas daninhas provoca efeito negativo na produtividade das culturas, principalmente pela superioridade numérica, grande acúmulo de massa seca e rápido crescimento sob condições extremas. Scholten et al. (2011) e Salgado et al. (2007) verificaram que a produção de grãos do feijoeiro-comum reduziu exponencialmente conforme aumentava a massa seca das plantas daninhas, resultados similares aos mostrados neste estudo.

5.1.6. Interferência das plantas daninhas nos componentes da produção

O controle da comunidade infestante, independente da sua duração, teve efeito positivo na massa de 100 grãos, número de grãos por vagem e porcentagem de grãos devido ao melhor aproveitamento dos recursos da cultura mantida livre de plantas daninhas. Da Costa et al. (2013) encontraram que o controle químico ou mecânico permanente de plantas daninhas em feijoeiro-comum produziram maior número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, em comparação ao tratamento sem controle de plantas daninhas. Porém, a diferença do número de grãos por vagem não foi significativa entre o tratamento com controle e convivência com plantas daninhas, o que reflete que essa variável também está influenciada por fatores relacionados à viabilidade do pólen, que sua vez está vinculada à temperatura do ar. Monterroso e Wien (1990) reportaram que o estresse térmico por elevadas temperaturas imediatamente antes da antese reduziu drasticamente a viabilidade do pólen do feijoeiro-comum.

O maior rendimento do feijoeiro na densidade de semeadura DPM se justifica pelos maiores valores médios de porcentagem de grãos por vagem, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, em comparação aos valores mostrados em QPM. Isso aconteceu pela maior vantagem sanitária em DPM dado que a baixa população de plantas não criaram condições ideais para o desenvolvimento de deonças.

A maior massa de 100 grãos foi aos 10 DAE com convivência de plantas daninhas, o que significa que é melhor ter 10 dias de convivência e depois 70 dias de controle que ter apenas 10 dias de controle e 70 dias de convivência. O baixo efeito dos 10 dias com convivência na massa de 100 grãos foi devido a que a cultura em DPM teve um PAI de 22 dias, portanto ela pode conviver com as plantas daninhas até esse período sem comprometer sua produtividade ou algum componente da produção. Neste caso, um dos componentes mais relacionados com a produtividade é justamente a massa de 100 grãos, dado que grãos maiores têm mais peso, portanto o conjunto de todos os grãos que compõem a produção terá também elevado peso. Esmaeilzadeh e Aminpanah (2015) avaliaram o efeito da época de semeadura, o arranjo de plantas de feijão e o controle de plantas daninhas

sobre a massa de 100 grãos, encontrando que os maiores valores dessa variável estiveram sempre relacionados à maior produtividade do feijoeiro-comum. De forma similar, Da Costa et al. (2013) mostraram que os maiores valores de massa de 100 grãos corresponderam às maiores produtividades do feijoeiro-comum ao comparar o efeito das cultivares, tipo de controle de plantas daninhas e duração do controle.

5.1.7. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão

A convivência com plantas daninhas sob duas densidades de semeadura do feijão influenciou de forma distinta o tempo de máxima hidratação (TMH) dos grãos. Mesmo a diferença foi pequena (13 minutos), houve maior TMH em QPM quando comparado com DPM sob convivência com plantas daninhas, o qual pode ter ocorrido pelo microclima gerado em QPM, onde havia elevada umidade no ambiente pelo maior dossel (na média, as sementes em QPM tiveram 12,75% de umidade e 12,25% em DPM). Então, a elevada umidade e temperatura são dois dos responsáveis do fenômeno de escurecimento e endurecimento do grão (Lima et al., 2014) ou HTC (hard to cook), muito relacionado ao TMH, mostrando maiormente os grãos endurecidos elevado TMH. Esse microambiente em QPM provavelmente favoreceu a ativação enzimática que provocou a formação de ligações entre os compostos fenólicos (ligninas) e as proteínas da parede celular das células dos cotilédones, tornando as sementes mais duras (Siqueira, 2013).

Em DPM, os períodos prolongados de controle de plantas daninhas aumentaram os tempos de cozimento (TC) dos grãos e períodos de convivência crescentes diminuíram os TC a partir dos 50 DAE com convivência. Então, favoreceu mais à cocção dos grãos ter 50, 60 e 80 DAE com convivência do que os mesmos períodos com controle de plantas daninhas. Maior tempo com convivência significou maior competição por nutrientes, como o fósforo, por exemplo, elemento que é armazenado nas sementes em forma de fitato, molécula considerada antinutriente pela sua interação com proteínas e minerais como Ca, Mg e Zn (Da Silva et al., 2011). Essa maior competição causou provavelmente a diminuição do fósforo na semente, portanto menores teores de fitato se armazenaram e menores complexos como o fitato de Ca se formaram, o qual pode liberar o Ca pela ação da enzima

fitase e formar pectatos insolúveis (Siqueira, 2013) que seriam uns dos responsáveis do endurecimento da semente. Em outras palavras, na convivência com plantas daninhas teria ocorrido menor concentração de fitato de Ca nas sementes, portanto houve menor Ca potencial livre para se ligar às pectinas e formar pectato de Ca insolúvel.

Com relação ao rendimento de peneira, as impurezas diminuíram até os 20 DAE com convivência de plantas daninhas, mas aumentaram depois desse período devido a que até os 20 DAE não havia interferência da comunidade infestante (PAI=29 DAE em QPM e 22 DAE em DPM), é dizer, os recursos estavam em quantidade suficiente tanto para a cultura quanto para as plantas daninhas, as quais estavam pouco desenvolvidas como para competir fortemente. Alguns componentes das impurezas foram grãos quebrados, pedras, grãos muito pequenos, insetos, sementes de plantas daninhas, etc. Altos níveis de impurezas em períodos de convivência prolongados significa que o tempo crescente de convívio prejudicou o enchimento dos grãos, ficando menores, frágeis e suscetíveis de quebrar na trilhadeira mecânica. Isso é corroborado observando o detrimento da massa de 100 grãos (grãos menores) durante a convivência, independente da duração da mesma em QPM e em períodos crescentes com convivência em DPM. Além disso, muito tempo de convivência também significou ter plantas daninhas em florescimento e formação de sementes, constituindo-se assim em contaminantes dos grãos.

A elevada porcentagem de grãos pequenos (RP11) foram obtidas com maiores períodos de convivência com as plantas daninhas. No entanto, a densidade de semeadura QPM foi a que mostrou os maiores valores de RP11 em comparação à densidade DPM, devido à forte competição intraespecífica, o que se traduziu em menor desenvolvimento dos grãos (maior quantidade de grãos pequenos). Além disso, o RP11 em QPM se manteve sempre acima do valor reportado na cultivar TAA Dama sob condições normais de manejo, que é 2,8% segundo Leal et al. (2021), o qual confirma mais uma vez o efeito da competição entre as plantas de feijão e as plantas daninhas sobre o desenvolvimento dos grãos. Da Silva et al. (2021) reportaram também o detrimento no tamanho dos grãos (expressado na menor massa de 100 grãos) por causa do aumento da densidade do feijão-comum de 8,78 para 11,70 plantas m^{-1} .

A respeito dos grãos maiores, a tendência de RP12-15 foi contrária à porcentagem de impurezas e RP11. O alto valor de RP12-15 obtido aos 20 DAE com convivência em ambas as densidades significa que esse curto período de convívio com as plantas daninhas não foi suficiente para causar detrimientos na produção de grãos de alta qualidade (feijão mais “graúdo”), já que aquele período correspondeu ao PAI do feijão, definido por Agostinetto et al. (2021) como o espaço de tempo durante o qual as plantas daninhas e a cultura (no início do seu desenvolvimento) podem conviver sem causar perdas quantitativas e qualitativas na cultura. Em outras palavras, ter 20 DAE de convivência significou ter 60 DAE de controle, o que finalmente beneficiou ao feijoeiro visto que os recursos estavam mais disponíveis para a cultura, aumentando assim o tamanho dos grãos. Com relação à convivência com plantas daninhas, períodos crescentes nessa condição impactaram negativamente na qualidade dos grãos mais em QPM do que em DPM, por causa da maior competição intraespecífica da maior população do feijoeiro, sendo considerada sob certas condições, mais prejudicial do que a competição interespecífica. Segundo Galon et al. (2017a) houve maior detrimento na matéria seca de quatro cultivares de feijão-comum crescendo juntas do que convivendo com picão preto (*Bidens pilosa*) sob diferentes proporções, portanto a competição interespecífica foi menos prejudicial para ambas as espécies do que a competição intraespecífica em condições de casa de vegetação.

5.2. Experimento B

5.2.1. Composição específica da comunidade infestante

Além da família Poaceae, outras famílias importantes e comuns em ambas as densidades de semeadura no Experimento B foram Brassicaceae e Fabaceae. Simpson (2019a) relatou que a família Fabaceae e Brassicaceae tem ampla distribuição mundial, aportando 19.500 e de 3.400 a 3.700 espécies, respectivamente, entre plantas alimentícias, medicinais e daninhas.

Acanthospermum hispidum e *Cyperus rotundus* foram algumas das espécies encontradas apenas na densidade DPM e não em QPM, provavelmente pelo fato de

não tolerarem condições de baixa luminosidade, ambiente gerado em QPM. Peerzada (2017) explicou que os tubérculos de *C. rotundus* são sensíveis às baixas temperaturas e sombreamento, condições apresentadas no presente trabalho. No caso de *A. hispidum*, segundo CABI (2022c), a biomassa e produção de sementes é afetada quando a espécie cresce sob sombreamento, não sendo uma espécie competitiva na consorciação de culturas por exemplo, onde prevalece a boa e rápida cobertura do solo.

5.2.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

5.2.2.1. Densidade das plantas daninhas em períodos de convivência

Nas condições do Experimento B, assim como foi reportado no Experimento A, *Nicandra physaloides* teve menos indivíduos na densidade QPM (8,9 plantas m⁻²) devido à sua menor adaptação em ambientes sombreados, embora possa ocasionar prejuízo mesmo com poucos indivíduos. Segundo CABI (2022a) populações de apenas 4,7 plantas m⁻² de *N. physaloides* podem reduzir a produtividade do milho em torno de 35%. Além disso, as sementes de *N. physaloides* podem contaminar as sementes de leguminosas como o feijão por exemplo.

Em QPM, *Raphanus raphanistrum* apresentou maior densidade média (4,6 plantas m⁻²) do que em DPM o ano 2021, similar com o Experimento A (2020), onde a mesma espécie também ressaltou na densidade QPM, apesar das diferentes condições climáticas em ambos os anos. Embora possa parecer baixa quantidade de indivíduos, seria suficiente para exercer forte interferência na cultura do feijão. Uma pesquisa de Bressanin et al. (2013b) mostrou que apenas 6,6 plantas m⁻² de *R. raphanistrum* causou detrimento no número de vagens, área foliar, massa seca das folhas e massa fresca das vagens do feijoeiro-comum cultivar 'Rubi'.

Segundo os resultados em QPM, as condições de maior sombreamento e competição não foram limitantes para *Raphanus raphanistrum*, sendo observadas no campo plantas com ótimo desenvolvimento nessa alta densidade de semeadura. Só o significado do gênero *Raphanus* já aporta a ideia da capacidade de infestação da espécie, sendo uma palavra que vem do grego "ra" que significa "rapidamente" e

“phanomai” que significa “rápida germinação e crescimento de plântula” (Cheam e Code, 1995).

5.2.2.2. Densidade das plantas daninhas em períodos de controle

Tanto na densidade QPM quanto DPM, o controle progressivo da comunidade infestante gerou condições de sombreamento da cultura, não favorecendo a germinação e emergência das plantas daninhas, por causa disso a densidade delas foi diminuída. Na densidade QPM, *Raphanus raphanistrum* destacou como a espécie com mais indivíduos por m² em comparação à DPM, não sendo limitante a menor luminosidade na maior densidade de semeadura, o que sugere boa resposta das sementes a esse ambiente. Provavelmente o tempo com sombreamento e luz em QPM deu o balanço adequado dos fitocromos vermelho e vermelho extremo que favoreceram a germinação da espécie. Malik et al. (2010) estudaram em laboratório o efeito da luz em *R. raphanistrum*, encontrando maiores porcentagens de germinação quando as sementes foram submetidas a luz vermelha extrema seguidas de luz vermelha, em tempos iguais de exposição.

De forma geral, a densidade da comunidade infestante teve comportamento irregular ao longo do ensaio, apresentando em algum momento alto número de indivíduos, os quais competiram por recursos e depois diminuíram e ficaram os mais adaptados. Mas em outro período observou-se incremento da densidade depois da diminuição, o que significou ter nova germinação e, conseqüentemente, acréscimo de indivíduos. Então, esse fenômeno chama-se de germinação escalonada e constitui uma das características das plantas daninhas que favorecem a sua dispersão no tempo em um espaço determinado.

5.2.2.3. Massa seca das plantas daninhas em períodos de convivência

A densidade DPM favoreceu o acúmulo de massa seca da comunidade infestante, especialmente a massa seca de *Raphanus raphanistrum* quando comparada com à densidade QPM. O baixo número de plantas de feijoeiro criou o ambiente adequado para o estabelecimento e desenvolvimento de poucas mas

vigorosas plantas de *R. raphanistrum*, espécie que aproveitou bem o espaço e recursos para formar abundante biomassa. Coincidentemente com nosso estudo, Parreira et al. (2012) reportaram que a espécie com maior acúmulo de massa seca em períodos de convivência foi *R. raphanistrum*, principalmente na densidade de semeadura 10 plantas m⁻¹ (DPM) e 45 cm de espaçamento entre linhas do feijoeiro-comum cultivar 'Rubi'. De maneira similar, Da Silva et al. (2013), estudando os períodos de interferência na cultura do girassol, encontraram que *R. raphanistrum* foi a segunda espécie com maior acúmulo de matéria seca, atingindo aos 42 dias com convivência 76,8 g m⁻².

Tanto na densidade QPM quanto DPM os valores de massa seca tiveram decréscimo aos 80 DAE, devido à ocorrência de muito baixas temperaturas aos 74 DAE o que ocasionou a morte das plantas daninhas que conviveram com a cultura até esse período.

5.2.2.4. Massa seca das plantas daninhas em períodos de controle

O controle progressivo de plantas daninhas na densidade DPM favoreceu mais o acúmulo de massa seca de *Raphanus raphanistrum* em comparação à densidade QPM. O sucesso da espécie nesse ambiente de baixa população do feijoeiro (DPM) foi devido a seu rápido estabelecimento e aproveitamento do espaço, tendo assim grande desenvolvimento vegetativo. Kebaso et al. (2020) indicaram que *R. raphanistrum* é uma planta superior em competição por água, luz e nutrientes, em comparação às culturas, o que faz-a acumular grande quantidade de biomassa. Dávila et al. (2017) comentaram que as plantas dessa espécie formam abundantes ramos eretos com folhas em roseta e possuem raízes de reserva, atributos que favorecem sua competição.

Com relação à densidade QPM, os períodos crescentes com controle de plantas daninhas favoreceram à cultura, que formou suficiente cobertura para desfavorecer o desenvolvimento de algumas espécies infestantes.

5.2.3. Fitossociologia da comunidade infestante

5.2.3.1. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de convivência

No experimento com densidade QPM e DPM o acréscimo da IR de *Digitaria nuda* dos 60 aos 80 DAE foi por causa da queda acentuada da temperatura acontecida aos 74 DAE que afetou primeiro às espécies maiores em tamanho, ou seja, *Raphanus raphanistrum* e *Nicandra physaloides*. Após aquele evento, as espécies afetadas deixaram o espaço e recursos disponíveis para o desenvolvimento de *D. nuda*, que aproveitou melhor a diminuição da competição por causa dessa baixa temperatura. Por conseguinte não seria correto afirmar que *D. nuda* tolerou às baixas temperaturas, sabendo que essa espécie está bem adaptada em regiões tropicais de todos os continentes, sendo abundante em países da África e Brasil (Ngom et al., 2019).

Raphanus raphanistrum e *Nicandra physaloides* foram as espécies mais sobressalientes, tolerando bem a alta competição das demais espécies e do feijoeiro em alta densidade (QPM), mostrando *R. raphanistrum* valores de IR acima de 15% em todos os períodos de convivência. Parreira et al. (2014) verificaram que *R. raphanistrum* foi a primeira espécie em relevância da comunidade infestante, apresentando valores de IR acima de 20% em todos os períodos de convivência nas três cultivares de feijão-comum analisadas: 'Pérola', 'BRS Pontal' e 'IPR Juriti'. De acordo aos estudos, *R. raphanistrum* pode tolerar bem condições de sombreamento, seja por cobertura viva ou morta. A pesquisa desenvolvida por Giancotti et al. (2020) visou determinar o efeito da cobertura do sorgo sacarino na comunidade infestante após o cultivo de cana-de-açúcar, encontrando que *R. raphanistrum* não foi suprimido pela cobertura de sorgo, mostrando valores de IR em torno a 40%, similar à testemunha sem cobertura. Esses resultados confirmam a grande capacidade infestante de *R. raphanistrum* mesmo sob sombreamento, condição similar à maior densidade no presente estudo.

Em contrapartida, *Portulaca oleracea* foi uma das espécies que não tolerou a alta competição (manteve valores baixos de IR e ao final do experimento desapareceu), por causa do seu porte baixo. Srivastava et al. (2021) definiram a *P. oleracea* como uma espécie de habito de crescimento prostrado, com colmos

avermelhados ramificados e com atributos nutricionais, medicinais, farmacológicos e fitorremediadores, não sendo considerada em alguns países uma planta daninha.

5.2.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de controle

Na densidade QPM o baixo valor de IR (menos de 40%) de todas as espécies aos 60 DAE, evidenciam que o controle sucessivo de plantas daninhas até esse período, favoreceu à cultura que formou cobertura suficiente para sombrear a algumas espécies de plantas daninhas.

Tanto na densidade QPM quanto DPM, a IR de *Raphanus raphanistrum* sobressaiu na maioria dos períodos com controle de plantas daninhas, devido ao bom desenvolvimento e ótima adaptação às condições climáticas da safra do inverno do feijão o ano 2021. Barroso et al. (2010) também reportaram na cultura do feijoeiro que a safra de inverno-primavera foi mais propícia para o desenvolvimento de *R. raphanistrum* em comparação à época de verão-outono (feijão da seca). Kebaso et al. (2020) relataram que *R. raphanistrum* apresenta rápido crescimento e estabelecimento em ambientes frios, podendo tolerar a temperatura mínima de 4,5 °C na etapa vegetativa na Austrália e nos Estados Unidos.

5.2.4. Períodos de interferência

As menores temperaturas do ano 2021 foram desfavoráveis no cultivo do feijoeiro em comparação ao ano 2020 que teve temperaturas maiores. Em geral, valores em torno de 21 de noite e 29 °C de dia são adequados para que o feijoeiro consiga atingir rendimentos potenciais elevados, segundo Da Silva et al.(2014). Muimba-Kankolongo (2018) especificou que durante o crescimento vegetativo o feijoeiro-comum se desenvolve otimamente se a temperatura média mensal estiver dentro de 16–25°C. De acordo ao nosso estudo, a temperatura média mínima foi 14,3 °C, valor por baixo do relatado nos estudos. Além disso, durante a fase vegetativa (abril e maio), a temperatura média mínima foi 14,8 °C, valor menor do limite inferior da faixa de temperatura adequada.

Como consequência do clima adverso para o feijoeiro, seu desenvolvimento foi prejudicado, diminuindo assim sua capacidade competitiva. Portanto no ambiente em alta densidade de sementeira (QPM) a cultura não teve boa resposta á intensa competição, enquanto que na densidade DPM a cultura teve melhor comportamento no ambiente com menor competição intraespecífica. De acordo à cultivar utilizada (TAA Dama) ela é de crescimento indeterminado tipo III, portanto possui boa capacidade de compensação quando tem redução do número de plantas na linha de cultivo (Arf et al., 2015), fato que explica a boa competição mostrada pela cultura na menor densidade (DPM).

Por causa dessa menor capacidade de competição da cultura, no experimento QPM houve mais pressão de algumas espécies de plantas daninhas, principalmente de *Raphanus raphanistrum* (elevado valor de IR) e o grupo chamado de “demais” (*Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica*, *Amaranthus retroflexus* e *Coronopus didymus*), o que foi determinante para que o PCPI seja mais longo e o PAI mais curto em QPM do que em DPM, o que significa que a cultura ficou maior tempo susceptível às plantas daninhas e menor tempo conseguiu tolerar a convivência com esse tipo de plantas. O trabalho de Parreira et al. (2014) confirmou que um PAI curto (7 DAE) correspondeu à cultivar mais sensível à interferência da comunidade infestante por causa da sua baixa capacidade de competição. Parreira et al. (2012) semearam feijão-comum do mesmo hábito de crescimento (indeterminado Tipo III), na mesma época, densidade e localidade que o Experimento B, encontrando efetivamente em QPM um PAI diminuído em quatro dias com o aumento da densidade de sementeira de 10 plantas m⁻¹ (27 DAE) para 15 plantas m⁻¹ (23 DAE).

Por outro lado, na densidade DPM houve maior supressão de *Raphanus raphanistrum* (baixo valor de IR) e de algumas espécies (“demais”), portanto o PCPI foi mais curto e o PAI mais longo que em QPM. Contudo, a cultura não suprimiu outras espécies como *Nicandra physaloides* e *Digitaria. nuda*, tendo impacto negativo na produtividade em DPM. Além disso, por causa do menor número de plantas, a produtividade em DPM foi levemente menor que em QPM. Então a maior densidade de sementeira não aprimorou a capacidade de competição do feijoeiro, mas a alta população de plantas ajudou à produtividade não ser muito prejudicada

pela interferência das plantas daninhas. Em outros termos, a alta população da cultura compensou a sua baixa capacidade de competição.

Uma das espécies mais influentes no longo PCPI em QPM foi *Raphanus raphanistrum* visto que exerceu a interferência por conta de ter muitos indivíduos com boa produção de biomassa (apresentou maior densidade e menor massa seca em QPM quando comparado com DPM). Kebaso et al. (2020) já reportaram a grande prolificidade da espécie, encontrando-se nos campos cultivados em torno de 12.328 sementes m^{-2} , produzindo cada planta 789 sementes que apresentam extensa longevidade e dormência, o que faz persistir a espécie por muito tempo. Além disso, *R. raphanistrum* tem compostos alelopáticos que, junto com outras características da espécie, prejudicam a outras plantas, sendo considerada em alguns países de clima moderado como planta de cobertura em culturas de verão (Dávila et. al, 2017). Wandscheer e Pastorini (2008) reportaram que os extratos de folhas e raízes de *R. raphanistrum* reduziram a germinação e o comprimento radicular de alface, enquanto o extrato de folha reduziu a porcentagem de germinação e o comprimento radicular e do epicótilo do tomate.

5.2.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade

Pode se notar que, conforme os valores de massa seca das plantas daninhas aumentavam, as perdas em produtividade foram mais expressivas na densidade DPM em comparação às perdas na densidade QPM, parecendo que a cultura ficou mais tolerante às plantas daninhas e vigorizada em QPM, no entanto nesta densidade a cultura apresentou curto PAI e longo PCPI, sendo aparentemente uma incongruência. Uma explicação disso seria que nem sempre irão coincidir os resultados da massa seca versus a produtividade e os períodos de convivência versus a produtividade já que no primeiro caso apenas se considera uma característica da comunidade infestante (sua dominância) e no segundo lugar considera-se, além da massa seca, a massa fresca, os efeitos alelopáticos, a densidade, a distribuição ou arranjo das plantas daninhas convivendo com o feijoeiro, etc. Scholten et al. (2011) coincidiram com o presente trabalho ao mostrar que na densidade 15 plantas m^{-1} o feijoeiro-comum aparentemente foi mais tolerante

às plantas daninhas dado que apresentou menor redução da produtividade em comparação à densidade 10 plantas m^{-1} , conforme a massa seca da comunidade infestante aumentava. Entretanto, na maior densidade o PAI ficou mais curto do que na menor densidade de semeadura para ambos os espaçamentos entre linhas (45 e 60 cm).

5.2.6. Interferência das plantas daninhas nos componentes da produção

O controle da comunidade infestante, independente da sua duração, favoreceu à massa de 100 grãos em QPM em comparação à densidade DPM, em decorrência da maior população de plantas de feijão livres de plantas daninhas na maior densidade de semeadura, principalmente. Então a maior produtividade na densidade QPM, além do maior número de plantas, se explica pela maior massa de 100 grãos, dado que ambas as variáveis estão relacionadas diretamente tal como foi mostrado no estudo de Galon et al. (2017b) sobre o efeito de diferentes tipos de controle de plantas daninhas nos componentes da produção do feijão tipo preto. Os autores constataram que com a testemunha capinada e a aplicação de bentazona + imazamoxi se obtiveram os maiores valores de massa de 1000 grãos e também as maiores produtividades.

Por outro lado, determinou-se que o controle de plantas daninhas influenciou positivamente no número de grãos por vagem e na porcentagem de grãos por vagem na densidade DPM, em comparação à densidade QPM. No entanto não foi suficiente obter os maiores valores dessas variáveis para mostrar maior produtividade já que, como foi explicado, é a massa de 100 grãos a variável mais relacionada com a produtividade. Contudo, a investigação de Mengesha et al. (2015) teve resultados contrários ao nosso estudo, provavelmente pela distinta cultivar, condições edafoclimáticas e espécies da comunidade infestante apresentadas, mostrando relação direta entre o número de grãos por vagem e a produtividade do feijoeiro-comum submetido a diferentes períodos de controle de plantas daninhas.

Com base na explicação supracitada pode se afirmar que as plantas de feijão na densidade DPM com convivência de plantas daninhas tiveram mais grãos por

vagem e uma alta porcentagem dessas sementes ocuparam a vagem, porém as sementes tiveram menor peso que em QPM.

5.2.7. Interferência das plantas daninhas na qualidade do feijão

Na densidade DPM e QPM, os períodos com convivência influíram negativamente no TMH e TC, apresentando maiores valores nesses períodos em comparação aos períodos com controle de plantas daninhas, independente da duração. Em outras palavras, a qualidade culinária do feijão foi reduzida produto da competição com as plantas daninhas, ficando os grãos endurecidos. Então, os prejuízos da convivência com as plantas daninhas não apenas se vê refletido no detrimento da produtividade, senão também a convivência influi negativamente na qualidade do feijão. Rashidi et al. (2021) relataram que na presença de *Solanum nigrum*, *Digitaria sanguinalis* e *Ipomoea purpurea*, a proteína total das vagens do feijão-comum tendeu a diminuir, levando à baixa qualidade das sementes.

A densidade DPM propiciou bom cobertura do solo pela cultura, evidenciado no curto PCPI. Então, o maior dossel gerou o microclima favorável para o endurecimento do grão, levando mais tempo de hidratação e cocção (maior TMH e TC) em comparação à densidade QPM. Possivelmente o microclima no ambiente de DPM favoreceu a ativação enzimática que desencadeou reações químicas nos grãos que propiciaram seu endurecimento como: oxidação lipídica, autólise das organelas e lignificação da lamela média, catabolismo do fitato e subsequente formação de pectatos insolúveis e/ou a interação das proteínas e polifenóis e polimerização de compostos polifenólicos (Sánchez-Arteaga et al., 2015).

Na densidade DPM, as impurezas foram diminuindo conforme aumentava a convivência dos 50 a 80 DAE dado que houve afetação das plantas daninhas por conta das baixas temperaturas (em torno a 3°C), portanto a menor quantidade dessas plantas diminuíram as sementes, insetos e outros contaminantes dos grãos. Por exemplo, aos 80 DAE (por ocasião da colheita), a porcentagem de impurezas na convivência foi similar ao valor com controle devido a que aos 80 DAE a comunidade infestante já havia sido afetada pelas menores temperaturas.

O PAI significa que durante esse tempo não tem interferência que possa afetar significativamente a produtividade da cultura, isso pode se estender também à qualidade da cultura. No caso do experimento DPM, foi possível perceber que durante o PAI (28 DAE) não houve efeito importante do tempo de convivência com plantas daninhas na porcentagem de impurezas e de feijões “graúdos” (RP12-15). Mielle et al. (2019) coincidem em afirmar que durante o PAI não ocorrem perdas relevantes na produtividade nem outras características da cultura, já que tanto a cultura quanto a comunidade infestante podem conviver.

Em DPM o ambiente com menor competição intraespecífica se refletiu na maior proporção média de feijões “graúdos” (maior RP12-15) em comparação à densidade QPM. Devido à maior disponibilidade de recursos em DPM, as plantas do feijoeiro aproveitaram e encheram mais os grãos, ficando o RP12-15 maior do que em QPM, porém a produtividade foi menor em DPM por conta da menor população de plantas do feijoeiro. Então, pode se adicionar que a maior produção de grãos em QPM comparada à DPM, estava composta principalmente não por grãos maiores (menor RP12-15 e maior porcentagem de impurezas do que em DPM), portanto não é suficiente obter alta produtividade, também é importante a ótima qualidade do feijão, com menor porcentagem de impurezas e grãos pequenos e alta proporção de grãos maiores (acima da peneira 12). Conforme Do Amaral et al. (2022), na liberação de novas cultivares de feijão se consideram, além do potencial produtivo, outras características como o tamanho e cor dos grãos, os quais têm suma importância na aceitação da indústria e dos consumidores.

5.3. Comparação entre o Experimento A (Exp A) e B (Exp B)

O maior número de espécies ocorreu no Exp A (ano 2020), devido basicamente à maior temperatura nesse ano, o que favoreceu a germinação e estabelecimento da maior quantidade de espécies que em 2021. Tavares et al. (2013) também observaram que na mesma área de cultivo do feijoeiro-comum a composição da comunidade infestante é alterada em decorrência da época de cultivo. Além disso, as espécies com metabolismo C4 foram mais expressivas o ano 2020, em termos de densidade (*Digitaria nuda*) e massa seca (*Brachiaria*

plantaginea), por conta da sua melhor adaptação em condições de elevadas temperaturas. Hodkinson (2018) explicou que o metabolismo C4 de algumas plantas permite-lhes sobreviver e competir bem em climas mais quentes (quente e úmido ou quente e seco) com elevadas intensidades de luz.

A maior relevância de *Nicandra physaloides* e *Digitaria nuda* (maiores valores de IR) foi no Exp A em comparação ao Exp B, principalmente em decorrência das altas temperaturas registradas no Exp A, o que favoreceu o crescimento e desenvolvimento dessas espécies que estão bem adaptadas a temperaturas elevadas. Além da interferência direta que podem exercer, *N. physaloides* é hospedeira do nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) (Bellé et al., 2017) que ataca o feijão, enquanto que *D. nuda* poderia sê-lo dado que o mesmo autor encontrou duas espécies do mesmo gênero como hospedeiras alternativas. No Exp A a presença das duas espécies junto à melhor capacidade competitiva da cultura diminuíram a pressão de *Raphanus raphanistrum*. Já no Exp B, *R. raphanistrum* competiu melhor com *N. physaloides* e *D. nuda*, mostrando assim alto valor de IR em decorrência do ambiente adequado para seu desenvolvimento, ocasionando a maior interferência na cultura. Também é importante ressaltar que a espécie causa interferência indireta visto que é hospedeira de *Xanthomonas campestris*, agente causal do cretamento bacteriano do feijão (Kebaso et al., 2020).

As distintas condições climáticas em ambos os anos foram determinantes no comportamento competitivo do feijoeiro, favorecendo-o as temperaturas altas (ano 2020) e desfavorecendo-o as temperaturas baixas (2021). Em outras palavras, distintas épocas de semeadura ou safras deram ao feijoeiro diferente capacidade para competir com as plantas daninhas, evidenciando maior habilidade competitiva na primeira safra ou safra das águas (primavera-verão) o ano 2020 e menor capacidade na safra de inverno o ano 2021. O trabalho de Barroso et. al (2010) foi realizado em similares condições ao nosso estudo: mesma localidade, variedades de crescimento rastreiro e duas safras do feijoeiro-comum. Os autores encontraram maior produção de massa seca das plantas daninhas ($17,7 \text{ g m}^{-2}$) na safra de inverno (semeadura em agosto) e menor massa seca ($6,6 \text{ g m}^{-2}$) na safra da seca (semeadura em março), evidenciando assim a menor capacidade competitiva de duas cultivares na safra de inverno.

A resposta da cultura à elevada densidade de semeadura (QPM) foi melhor na primeira safra, mostrando boa supressão de espécies importantes como *Nicandra physaloides*, o que foi traduzido em menor valor de PCPI e maior valor do PAI, em comparação à safra de inverno na mesma densidade do feijão. Essa maior vantagem competitiva da cultura no Exp A se refletiu na melhor produtividade em QPM quando comparado ao Exp B na mesma densidade de semeadura. Nas condições do Exp B, mesmo a cultura exibiu menor capacidade competitiva, o feijoeiro sob densidade DPM encontrou o ambiente adequado para competir bem contra algumas espécies de plantas daninhas (principalmente *Nicandra physaloides*), portanto o PCPI foi menor comparado com o PCPI do Exp A na mesma densidade, porém a produtividade foi menor por conta das menores temperaturas registradas na safra de inverno 2021.

As altas temperaturas no Exp A influíram na maior produtividade que no Exp B, visto que a cultura prefere uma condição mais cálida para seu desenvolvimento, com faixas de temperatura entre 18 a 30°C (Filgueira, 2008) durante todo seu ciclo, valores similares aos registrados na safra das águas 2020. Além disso, a temperatura média noturna durante a floração não foi muito elevada (18,3°C), fato que foi positivo para a cultura dado que temperaturas mínimas acima de 21°C podem causar abortamento e caída de flores (Da Silva et al., 2014).

Em contraposição, as baixas temperaturas no Exp B causaram maior impacto negativo na produtividade do feijoeiro, principalmente pela afetação do crescimento vegetativo como já foi discutido na parte dos períodos de interferência na cultura do feijoeiro na safra de inverno. No caso da floração no Exp B, aparentemente não houve repercussão negativa da temperatura média mínima (15°C) durante essa fase, já que valores por abaixo de 12°C podem provocar abortamento de flores, concorrendo para o decréscimo no rendimento (Da Silva, 2022). No entanto, segundo Farlow (1981) o número de vagens por planta do feijoeiro-comum caiu de 6,67 para 5,33 ao reduzir a temperatura de 21°C para 13,9°C; respectivamente.

Nas condições do Exp A, aproveitou-se a maior capacidade de competição da cultura na densidade QPM, no entanto a produtividade foi menor que em DPM pela maior incidência de doenças e a intensa competição intraespecífica. Então, a semeadura em alta densidade na safra das águas deve se atentar maiores cuidados

preventivos como a escolha de cultivares com alta tolerância à fusariose e/ou bacteriose, desinfecção de sementes, não plantar depois de soja ou feijão (melhor depois de alguma gramínea) e ter manejo cuidadoso da irrigação (Canale et al., 2020; Wendland et al., 2018), tudo isso com o intuito de diminuir ou evitar as aplicações de pesticidas por conta de não serem sempre efetivos contra essas doenças, além de elevarem os custos.

No caso do Exp B, com a densidade DPM conseguiu-se melhorar a capacidade de competição do feijão, fazendo-o mais tolerante à presença de algumas espécies de plantas daninhas nos períodos iniciais, o que se traduziu em incremento do PAI com relação à densidade QPM. Além disso, o PCPI em DPM foi menor que em QPM, o que significa que a cultura potencializou-se na densidade DPM por ter menor competição intraespecífica, portanto o período no qual foi mais susceptível à presença das plantas daninhas foi curto. Com toda essa informação, se esperava maior produtividade na densidade DPM que em QPM, mas a produtividade em DPM foi menor, basicamente em decorrência da menor população de plantas de feijão. Contudo, a diferença foi pequena e, a partir de uma análise econômica, talvez seria mais recomendável semear feijão à densidade DPM e ter menor PCPI com a subsequente diminuição de custos, do que ter maior produtividade com QPM, mas com custo maior por causa do PCPI muito longo.

Em relação aos componentes da produção em ambas as densidades de semeadura, observou-se no Exp B maiores valores médios de porcentagem de grãos por vagem e número de grãos por vagem, mas menor massa média de 100 grãos em comparação ao Exp A, na qual essa variável foi maior e a produtividade também. Então, novamente fica demonstrado que a massa de 100 grãos está estreitamente relacionada com a produtividade. Marchioretto e Magro (2018) estudaram o efeito da aplicação de herbicidas pós-emergentes nos componentes da produção de duas cultivares de feijoeiro-comum, encontrando que houve relação direta entre o componente massa de 1000 grãos e a produtividade em ambas as cultivares.

No que diz respeito à qualidade da produção, houve escassa diferença entre os valores de TC em ambos os anos, sendo todos os valores considerados como aceitáveis com menos de 30 minutos para cozimento, segundo Ramalho e Abreu

(2006), o que significa que as condições climáticas, a convivência e espécies de plantas daninhas não variaram significativamente o tempo de cozimento. A relação de hidratação (RH) também não experimentou grandes mudanças em ambos os anos, mostrando valores acima de 2,0; ou seja, os grãos absorveram massa de água semelhante à sua massa inicial, o que evidenciou desempenho aceitável quanto a esse atributo (De Santis et al., 2019). O TMH mostrou notório acréscimo o ano 2021 ultrapassando as 12 horas, em comparação ao ano 2020, ou seja, os grãos levaram mais tempo para chegar à máxima hidratação o ano 2021, talvez por causa das temperaturas em torno a 3°C próxima à colheita que aconteceu esse ano, desidratando os grãos já formados. Mesmo esses altos valores de TMH, continuaram sendo adequados já que um TMH em torno a 12 horas é satisfatório, uma vez que na culinária brasileira os grãos de feijão são deixados em embebição na noite anterior ao preparo (Farinelli e Lemos, 2010).

As condições climáticas do ano 2020 não só beneficiou à produtividade do feijoeiro, também a qualidade da produção foi favorecida, apresentando maior proporção de grãos maiores (RP12 -15) do que o ano 2021. Além disso, essas condições favoráveis para a cultura permitiram que a convivência com as plantas daninhas tivesse menor impacto negativo na porcentagem de grãos maiores o ano 2020, em comparação com o ano 2021 que apresentou valores de RP12-15 menores que 70%, sendo assim grãos de baixa qualidade. Leal et al. (2021) afirmaram que valores de RP12-15 acima de 70% representam grãos maiores de boa aceitação no mercado, sendo esses valores considerados pelas empacotadoras de feijão para o pagamento de gratificação para o produtor. Vasić et al. (2010) coincidem em reafirmar que o tamanho do grão do feijão, junto com a cor e forma do grão, é um constituinte indiscutível da qualidade comercial do feijão-comum.

Em geral e em ambos os anos, períodos de convivência prolongados favoreceram a porcentagem de impurezas e de RP11 (grãos menores), e desfavoreceram a porcentagem de RP12-15 (grãos maiores) já que a elevada população de plantas causaram intensa competição intra e interespecífica, ficando menor quantidade de recursos para o enchimento das vagens, conseqüentemente o tamanho dos grãos se viram reduzidos. Então, além da redução na produtividade, as plantas daninhas também causam redução da qualidade do produto final, seja pela

contaminação do produto colhido com sementes (Preston, 2014) ou pelo detrimento no tamanho, como foi o caso de nosso estudo.

As variações na qualidade da produção do feijoeiro foram dadas pelas distintas condições climáticas das safras 2020 e 2021, que deram à cultura diferente capacidade competitiva com as plantas daninhas. Segundo Siqueira (2013) as características da qualidade dos grãos de feijão são afetadas pelo período de semeadura, pelas condições (temperatura e umidade relativa) e pelo tempo de armazenamento. Os resultados mais atrativos para a indústria e consumidores foram registrados na safra 2020 visto que a cultura foi beneficiada com as condições climáticas.

5.4. Experimento C

5.4.1. Composição específica da comunidade infestante

Novamente a classe eudicotiledônea sobressai em número de espécies que aportou à comunidade infestante visto que possui maior quantidade de espécies que a classe monocotiledônea. Além disso, as eudicotiledôneas em certas condições podem afetar mais o desenvolvimento e a produtividade do feijoeiro do que as monocotiledôneas, sobretudo na presença de espécies como *Amaranthus viridis* e *Raphanus raphanistrum*, conforme concluíram Barroso et al. (2010).

O grupo de tratamentos com convivência apresentaram o maior número de espécies em comparação aos tratamentos com controle, em ambas as densidades de semeadura. Isso devido a que períodos crescentes de convivência poderiam ter favorecido mais às plantas daninhas do que à cultura, especialmente nos períodos finais de convivência, portanto o número de espécies foi alto nesta condição. Caso contrário, nos períodos de controle progressivo a cultura pôde ter sido favorecida primeiro devido às sucessivas capinas, desenvolvendo-se bem, especialmente nos períodos prolongados de controle, podendo diminuir nessa situação o número de espécies de plantas daninhas. Outra explicação seria que o controle em períodos crescentes teria suprimido algumas espécies que não tinham abundantes sementes

no solo, portanto não foram encontradas na avaliação final (na colheita do feijão), daí a importância da análise do banco de sementes em estudos sobre matocompetição.

Se bem o número de espécies está relacionado às espécies que germinaram e se estabeleceram, também deve-se atentar avaliar a composição do banco de sementes, que é o potencial de infestação de plantas daninhas, para comprovar se os períodos de convivência ou controle influenciaram na dinâmica do banco. Autores como Pardo et al. (2019) coincidem em destacar a relevância do estudo do banco de sementes porque contribui para obter uma visão preditiva de possíveis problemas futuros de plantas daninhas, além de dar uma real dimensão da diversidade de espécies da comunidade infestante.

Algumas espécies como *Amaranthus retroflexus* apenas apareceram na densidade DoPM, provavelmente devido a sua boa capacidade de germinação sob condições de menor luminosidade, o que havia na alta densidade de semeadura. De acordo a Qasem (2019) sementes de *A. retroflexus*, entre outras espécies, germinaram melhor em condições de escuridão em comparação ao ambiente com luz, no entanto essa diferença foi menos evidente em sementes armazenadas em temperaturas acima de 20°C.

Por outro lado, *Eclipta prostrata* e *Coronopus didymus* são duas das espécies encontradas só no ambiente gerado pela densidade OPM. *C. didymus* é uma espécie anual, prostrada e com caule ramificado de 40 a 50 cm de comprimento (Dos Santos et al., 2012), características que fazem à espécie pouco competitiva. Já no caso de *E. prostrata*, Sharpe e Boyd (2019) demonstraram que possui germinação fotoblástica positiva, ou seja, a germinação é estimulada pela luz, por isso os primeiros indivíduos foram encontrados na primeira etapa do experimento já que havia maior luminosidade nesse ambiente com poucas e menos desenvolvidas plantas de feijoeiro.

5.4.2. Comportamento da densidade e massa seca das plantas daninhas

5.4.2.1. Densidade das plantas daninhas em períodos de convivência

Em DoPM, o número de indivíduos de *Setaria verticillata* aumentou ao final do experimento, portanto essa espécie pode ter boa tolerância à elevada competição e/ou insensibilidade à escassez de luz para germinar. De acordo a Franke et al. (2009), sementes de *S. verticillata* podem o não serem insensíveis à luz, por conseguinte conseguem germinar em grande diversidade de ambientes.

Setaria verticillata teve a maior densidade (na média) na condição de convivência em DoPM e OPM, evidenciando sua excelente prolificidade. Além disso, o número de indivíduos de *S. verticillata* teve comportamento errático, mostrando acréscimos e decréscimos ao longo do ensaio devido à dormência das sementes, apresentando cada uma estados de dormência potencialmente diferentes dentre a mesma panícula, fenômeno chamado de heteroblastia (Dekker, 2003). Mollae et al. (2020) afirmaram que é uma espécie de ciclo curto e elevado potencial reprodutivo, produzindo abundantes sementes que apresentam dormência e longa viabilidade no solo. Dekker (2004) coincide em afirmar que *S. verticillata* tem elevada produção de sementes e perfilhos, chegando a produzir 120 sementes por panícula e 42 perfilhos por planta.

No experimento OPM, a densidade média de *Sorghum halepense* foi maior do que em DoPM, aparentemente pela melhor luminosidade nesse ambiente. Além disso, na parte final do ensaio em OPM, essa espécie teve elevado acréscimo de indivíduos, suprimindo assim outras espécies. Essa ótima produção de plântulas provêm dos rizomas e/ou das sementes, sendo planta prolífica em produção de sementes mesmo sendo a propagação assexua a principal forma de disseminação. Kaur e Soodan (2017) explicaram que é uma espécie de elevada produção de sementes que apresentam dormência e longevidade, possivelmente resultante de sua origem híbrida. Segundo Brighenti e Oliveira (2011) uma planta de *S. halepense* pode produzir de 3 mil a 80 mil sementes e num hectare totalmente infestado podem ser produzidas 220 kg de sementes. O elevado número de indivíduos de *S. halepense* em OPM é resultante da ótima adaptação em condições de maior luminosidade e espaço geradas pela menor densidade do feijoeiro. Conforme à pesquisa desenvolvida por Batista et al. (2016), *S. halepense* pode mostrar elevada competição na cultura do feijão dado que possui o mecanismo fotossintético C4 e se estabelece rapidamente em áreas com presença de luz.

Por outro lado, os valores médios de densidade de *Nicandra physaloides* e *Setaria verticillata* foram superiores em OPM do que em DoPM também por causa das melhores condições para se desenvolverem em OPM, embora *S. verticillata* não precise necessariamente luz para estimular a germinação. Dekker (2003) explicou que a influencia da luz na germinação de espécies do gênero *Setaria* é ambígua, e, na melhor das hipóteses, pequena.

5.4.2.2. Densidade das plantas daninhas em períodos de controle

As maiores densidades de *Setaria verticillata* foram encontradas nos períodos de competência mais longos (em DoPM aos 90 DAE com convivência e aos 30 DAE com controle que significa 60 DAE com convivência), o que denota que essa espécie possui extraordinária capacidade competitiva, podendo causar graves perdas na cultura do feijão, onde é muito persistente sobretudo nos campos que tiveram como cultura antecessora o milho. Devido ao uso contínuo de atrazina para o controle de plantas daninhas de folha larga, sabendo que esse herbicida não controla *S. verticillata*, tem se reportado elevada infestação de *S. verticillata* em campos de milho, constituindo assim em grave problema para a cultura do feijão se for plantada depois.

Na condição de controle crescente de plantas daninhas, independente da densidade de semeadura, o número de indivíduos de *Sorghum halepense* teve certa tendência a aumentar conforme as capinas eram mais frequentes, devido à rebrota dos rizomas produto do corte da parte aérea da planta. Fahl e Carelli (1997) coincidem em afirmar que a remoção da parte aérea, através de capinas mecânicas, é pouco eficiente no controle de *S. halepense* pois não afeta as gemas dos rizomas que permanecem viáveis e capazes de reproduzir uma nova planta, constituindo-se assim na principal fonte de infestação. Karkanis et al. (2020) afirmaram que *S. halepense* se expande rapidamente em campo graças às plântulas provenientes principalmente de rizomas, visto que essa plantas são mais vigorosas do que as que se originam das sementes.

Algumas espécies desfavorecidas em períodos com controle em DoPM, por causa da maior cobertura da cultura, foram *Eleusine indica* e *Amaranthus dubius* já

que apresentaram densidades médias menores em DoPM em comparação a OPM. Boyd et al. (2017) explicaram que *E. indica*, pelo fato de ter hábito prostrado, pode ser efetivamente controlada favorecendo o vigor e cobertura da cultura. Em relação a *A. dubius*, é uma espécie que não tem a agressividade de outras espécies do gênero *Amaranthus*, como *A. retroflexus* por exemplo, por causa do seu menor tamanho e produção de folhas, sendo inclusive domesticada em alguns países e consumida como hortaliça.

5.4.2.3. Massa seca das plantas daninhas em períodos de convivência

Na densidade de semeadura DoPM, se confirma que *Setaria verticillata* compete otimamente sob condições de elevada população de plantas, sendo a única espécie que aumentou sua massa seca o último período do experimento. Ernst e Tolsma (1992) relataram que *S. verticillata* possui a vantagem de produzir plântulas de elevada biomassa (inclusive mais que *Panicum maximum*, espécie perene), o qual está relacionado a suas sementes que também tem elevado peso. Além disso, os mesmos autores encontraram que *S. verticillata* teve melhor acúmulo de biomassa por planta em solo fertilizado em comparação ao mesmo solo pobre em nutrientes. Tudo isso somado a seu destaque em número de indivíduos por m² em períodos com convivência, deixa clara sua importante participação na interferência no feijoeiro.

Os altos valores de massa seca de *Nicandra physaloides* em DoPM evidenciam a sua grande capacidade de acúmulo e extração de nutrientes, embora esteja sob intensa competição. Portanto essa deve ser uma das características mais relevantes na interferência que causa no feijoeiro. De Matos et al. (2018) afirmaram que o aumento nos níveis de N, P e K no solo proporcionou maiores produções de massa seca e acúmulo total desses macronutrientes em plantas de *N. physaloides*, sendo que os maiores acúmulos foram de K e N. Isso explica a abundância dessa espécie nos solos do litoral peruano, considerados de boa fertilidade por terem origem fluvial (MIDAGRI, 2022).

A densidade DoPM desfavoreceu o acúmulo da massa seca de *Sorghum halepense* quando comparado à densidade OPM, em decorrência da maior

cobertura do feijoeiro e as plantas daninhas. Então, nas recomendações de manejo de *S. halepense* deve-se atentar a seleção de culturas competitivas ou plantar alta densidade e reduzido espaçamento entre linhas da cultura ou cultivar escolhida (Squires e Walsh, 2021). Por exemplo, o bom controle de *S. halepense* em batata-doce se deve em boa medida à excelente capacidade competitiva da cultura, que forma abundante cobertura nas primeiras semanas após do plantio.

5.4.2.4. Massa seca das plantas daninhas em períodos de controle

A diminuição da massa seca total das plantas daninhas deve-se ao efeito conjunto do controle das mesmas e ao desenvolvimento progressivo da cultura. No entanto, cada espécie teve comportamento particular como será descrito a continuação.

No experimento DoPM, os períodos sucessivos de controle favoreceram a *Setaria verticillata* que mostrou os maiores valores de massa seca (na média) em comparação à densidade OPM. O controle crescente de plantas daninhas favoreceu a cobertura da cultura em DoPM, no entanto criou condições para o acúmulo de massa seca de *S. verticillata*, ficando patente que é uma espécie não muito sensível à escassez de luz para se desenvolver. Franke et al. (2009) relataram que plantas de *S. verticillata* cultivadas sob sombreamento são significativamente mais altas e têm folhas mais longas do que plantas em pleno sol. Porém, isso não significa necessariamente maior acúmulo de massa seca sob condições de limitada luminosidade, tal como explicaram Lee e Cavers (1981) que observaram diminuição da massa seca da parte aérea de *S. verticillata* conforme aumentava o nível de sombreamento.

De igual forma em DoPM foi favorecida a produção de massa seca de *Nicandra physaloides* e *Sorghum halepense* do que em OPM. O benefício do controle sucessivo na cultura e a alta densidade da mesma, não foi suficiente para impedir o desenvolvimento dessas espécies, nas quais possuem qualidades que possibilitaram seu ótimo desempenho nas condições supracitadas. Talvez a modificação do microclima na elevada densidade de plantas de feijão pôde ter contribuído no desenvolvimento dessas espécies. Sabendo que a energia solar é

interceptada pela maior cobertura, a temperatura dentro do dossel e no solo pode ser alterada. Segundo Hara et al. (2021) a densidade de planta pode afetar a radiação solar direta no solo e conseqüentemente a temperatura do solo, sendo os solos expostos mais sujeitos a radiação intensa, o que pode afetar o regime térmico.

Outra explicação seria que sob condições da densidade DoPM, o corte com enxada da parte aérea de algumas espécies foi mais complicado pela crescente cobertura da cultura, não cortando totalmente rente ao solo, portanto algumas gemas basais de *Setaria verticillata* sobreviveram e as gemas subterrâneas de *Sorghum halepense* poderiam ter rebrotado, incrementando assim a massa seca na alta densidade do feijoeiro.

5.4.3. Fitossociologia da comunidade infestante

5.4.3.1. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de convivência

Na densidade DoPM as três espécies com maior valor médio de IR ao longo do ensaio foram *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense*, inferindo-se que a maior interferência na cultura é ocasionada por essas espécies, das quais apenas *S. verticillata* mostrou a maior IR no último período com convivência, demonstrando assim sua grande habilidade competitiva. Os valores de IR de *S. verticillata* se mantiveram baixos até os 75 DAE, devido à cobertura produzida pela cultura em alta densidade e outras espécies da comunidade infestante, mas por ocasião da colheita (diminuiu a cobertura pela senescência do feijoeiro) a IR de *S. verticillata* elevou-se, superando às demais espécies.

No ambiente gerado pela densidade OPM, a espécie com maior destaque nos períodos sucessivos de convivência (maior IR média) foi *Nicandra physaloides* devido a sua excelente adaptação a ambientes com maior disponibilidade de recursos (espaço, luz, água, nutrientes, etc.). Portanto foi uma das principais espécies da comunidade infestante em prejudicar a produtividade do feijoeiro. Workayehu e Wortmann (2011) encontraram redução em 42% (média de cinco anos de produção) da produtividade do feijão-comum sob condições de convivência com plantas daninhas, sendo *N. physaloides* uma das mais relevantes, todo o ciclo em

comparação à cultura mantida livre de plantas daninhas por meio de duas capinas manuais aos 30 e 60 DAE.

A maior população do feijoeiro (DoPM) ajudou a reduzir a interferência de algumas espécies de plantas daninhas em períodos crescentes de convivência, observando-se menores valores de IR média de *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense*, em comparação com a IR média das mesmas espécies na densidade OPM. A melhor interceptação da radiação solar pelo maior dossel formado na densidade DoPM, deixou passar menos RFA (Radiação Fotossinteticamente Ativa), afetando assim a algumas espécies da comunidade infestante. De acordo com Mhlanga et al. (2016), a maior interceptação de fluxo de fótons fotossintéticos (serve para medir a RFA) por plantas de milho ocorreu na cultura plantada a 35 cm de espaçamento entre linhas (50% menor que o espaçamento estandar de 70 cm), resultando na menor fotossíntese realizada pelas plantas daninhas e, conseqüentemente, menor produção de massa seca, um dos componentes da IR.

Potenciar à cultura do feijoeiro por meio da semeadura em alta densidade ou plantar uma cultivar competitiva pode reduzir ou suprimir populações de *Sorghum halepense*. A pesquisa de Batista et al. (2016) visou caracterizar a fitossociologia de plantas daninhas convivendo com oito cultivares de feijão-comum, resultando Ouro Negro (estádio V3) a cultivar que competiu melhor com *Sorghum halepense*, que mostrou índice de valor de importância menor de 60, tendo nas demais cultivares valores entre 60 e 120.

Nos valores de IR com convivência se vê a capacidade competitiva da cultura com as plantas daninhas porque ambas convivem em períodos crescentes. Se a maior densidade (DoPM) favorecesse mais à cultura, então as plantas daninhas deveriam mostrar menores valores de IR em comparação à menor densidade (OPM). Isso ocorreu na comparação dos valores médios de IR de ambas as densidades do experimento. De forma similar, Parreira et al. (2012) obtiveram menores valores de densidade e massa seca (componentes da IR) de algumas espécies de plantas daninhas na alta densidade de semeadura (15 plantas m⁻¹), em comparação à menor densidade de semeadura do feijoeiro-comum (10 plantas m⁻¹).

5.4.3.2. Importância Relativa das plantas daninhas em períodos de controle

Em DoPM os períodos crescentes de controle diminuíram a IR de *Sorghum halepense* até os 45 DAE, isso significa que a cultura se potenciou com o controle, competindo bem com essa espécie até esse período. O acréscimo da IR nos períodos finais do experimento pode ser por causa da brotação tardia das gemas do rizoma.

Em OPM o controle de plantas daninhas até os 60 DAE diminuiu a IR de *Nicandra physaloides* e as “demais” espécies. Portanto a cultura viu-se favorecida com o controle em relação a essas espécies. Dentro do grupo “demais”, *Eleusine indica* e *Chenopodium murale* foram afetadas pelo sucessivo controle e pela melhor expansão da cultura. Como já foi citado, *E. indica* não prospera muito em ambientes com escassez de luz e *C. murale* não é a exceção. Segundo Eslami e Ward (2021) recentes estudos tem mostrado que alternativas não químicas de controle podem ser efetivas contra *C. murale* como o uso de plantas de cobertura, coberturas mortas (serve como barreira física e libera substâncias alelopáticas), etc.

Em geral, os períodos sucessivos de controle favorecem à cultura em relação às plantas daninhas, porém, depende da densidade de semeadura e da composição da comunidade infestante para que esse benefício seja maior ou menor. No caso da densidade DoPM, as capinas frequentes beneficiaram à cultura, produzindo quantidade de dossel suficiente que diminuiu a IR de *Nicandra physaloides*, em comparação à densidade OPM. De forma similar, Marques (2015) demonstrou que o controle crescente de plantas daninhas beneficiou mais à planta de berinjela cultivada sem tutoramento e desbrota (menor passo da luz) dado que ajudou a diminuir a IR de *N. physaloides*, em comparação à planta cultivada com tutoramento e desbrota (maior passo da luz).

De outra parte, nessa maior densidade DoPM a cobertura do feijoeiro não ajudou a reduzir a IR de *Sorghum halepense* e *Setaria verticillata* quando comparado com a densidade OPM, o que pôde ter ocorrido pela maior dificuldade em fazer as capinas na alta população do feijoeiro, especialmente nos estádios finais, podendo não ter cortado rente ao solo ambas as espécies.

5.4.4. Períodos de interferência

As condições edafoclimáticas do Experimento C favoreceram o crescimento vegetativo da cultura, no entanto também favoreceu à murcha do fusarium dado que a temperatura média máxima (29,2°C) e a umidade do solo foram ideais para a infecção do fungo, principalmente depois da floração. Cruz et al.(2019) determinaram que o maior desenvolvimento do fungo foi em 27,1°C e a máxima severidade da podridão das raízes em plântulas de soja foram em 30°C, temperaturas próximas às reportadas no nosso estudo. De outro lado, a temperatura mínima média (18,2°C) durante todo o ciclo esteve dentro do valor mínimo ótimo para o feijoeiro (Yzarra et al., 2017) . Além disso, durante a floração a temperatura média (18,4 °C) foi menor a 21°C, portanto não houve problemas de abortamento de flores. Em consequência, nessas condições a cultura manifestou bom crescimento e desenvolvimento, formando a suficiente cobertura na densidade DoPM, diminuindo a infestação de algumas espécies da comunidade infestante.

Tanto a densidade quanto a massa seca de espécies como *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata*, *Sorghum halepense*, *Amaranthus dubius* e *Eleusine indica* foi menor em DoPM do que em OPM, devido à maior cobertura do feijoeiro na maior densidade de semeadura. Além disso, *N. physaloides*, *S. verticillata* e *S. halepense* tiveram a menor IR em DoPM do que em OPM nos períodos de convivência, indicando que a maior cobertura de plantas de feijão em DoPM competiu melhor com essas espécies. Parreira et al. (2012) também compararam o efeito de duas densidades de semeadura do feijão-comum sobre a densidade e massa seca de plantas daninhas, obtendo os menores valores dessas variáveis na maior densidade (15 plantas m⁻¹) do feijão, em comparação à menor densidade (10 plantas m⁻¹), evidenciando assim a maior competição da cultura na maior população de plantas.

Se bem a obtenção da suficiente cobertura do feijoeiro para melhorar sua capacidade de competição pode se lograr incrementando a densidade de semeadura, corre-se o risco de incrementar também a competição intraespecífica, prejudicando assim a produtividade. Portanto, outra opção de aumentar a cobertura é alterando a distribuição ou ordenamento das plantas, sem incrementar o número

de plantas da cultura, podendo resultar em maior eficiência na captação da radiação solar, melhor cobertura e maior supressão de algumas espécies da comunidade infestante. O trabalho de Esmailzadeh e Aminpanah (2015) mostrou que a maior cobertura do feijoeiro-comum foi conseguida com o arranjo em quadrado (30 x 30 cm) em comparação ao arranjo retangular (45x 20 cm), por conseguinte a biomassa das plantas daninhas no primeiro arranjo foi menor do que no segundo. De forma similar, Iqbal et al. (2022) constataram que o menor espaçamento entre linhas (50 cm) e maior espaçamento entre plantas (12 cm) foi mais eficiente na supressão do crescimento das plantas daninhas em comparação ao maior espaçamento entre linhas (100 cm) e menor espaçamento entre plantas (6 cm), tendo ambas as condições a mesma população de plantas de algodoeiro.

A menor pressão de *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense* na maior densidade de semeadura do feijão se refletiu na duração dos períodos de interferência, sendo o PCPI e PTPI mais curtos e o PAI mais longo em DoPM, em comparação à densidade OPM. De forma similar, Iqbal et al. (2022) também encontraram que a melhor cobertura do algodoeiro lograda no espaçamento estreito entre linhas acurtou o PTPI (42 DAE) em comparação ao PTPI (154) obtido no espaçamento largo entre linhas.

De forma contrária à densidade DoPM, o PCPI foi mais longo e o PAI mais curto em OPM devido à baixa capacidade de competição do feijoeiro na menor densidade, portanto a produtividade foi menor em OPM (1.948 kg ha⁻¹) que a produtividade potencial da cultivar Canario 2000-INIAA (2.595 kg ha⁻¹). Na densidade DoPM a pressão de plantas daninhas foi menor pela maior capacidade de competição da cultura, no entanto sua produtividade foi menor que em OPM, basicamente por razões fitossanitárias e a maior competição intraespecífica. Nessa alta densidade o microclima (temperaturas amenas e elevada umidade) favoreceu a infestação da fusariose no estágio R7, quando a formação de cobertura foi máxima. Conforme a De Castro et al. (2006) *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* prospera sob condições favoráveis como temperaturas entre 20°C a 28°C, alta umidade, solo compactado e presença de nematoides.

5.4.5. Interferência das plantas daninhas na produtividade

A velocidade de perda da produtividade do feijoeiro em função à massa seca das plantas daninhas foi menor em DoPM do que em OPM, ou seja, no caso de DoPM a produtividade diminuía de forma mais paulatina do que em OPM enquanto incrementavam-se os valores de massa seca da comunidade infestante. Então, nesta correlação confirma-se a vantagem competitiva outorgada à cultura pela maior densidade de sementeira, vigorizando mais as plantas e fazendo-as mais tolerantes às plantas daninhas do que em OPM. Na menor densidade a produtividade foi mais sensível aos acréscimos de massa seca da comunidade infestante por causa da menor habilidade competitiva da cultura. Musana et al. (2020) mencionaram que a densidade de sementeira do feijoeiro-comum, além de determinar a distribuição, quantidade e qualidade da energia luminosa entre as plantas, também vai afetar o cobrimento precoce do solo, a habilidade competitiva com as plantas daninhas, a arquitetura das plantas e a distribuição das vagens.

5.5. Comparação entre os Experimentos A, B e C

Abrangendo os três experimentos (A, B e C), ficou demonstrada que a duração dos períodos de interferência pode variar dependendo de fatores como a densidade de sementeira, a época de sementeira, a cultivar plantada, o local de sementeira e a composição da comunidade infestante. Odero e Wright (2018) coincidem em asseverar que fatores como as condições ambientais, a cultivar e manejo agrônomico influenciam na composição de espécies de plantas daninhas, sua densidade e seu tempo de emergência em relação à cultura, influenciando assim no PCPI por exemplo. Especificamente os tratos culturais no feijoeiro podem favorecer o vigor da cultura e fazê-la mais tolerante e ficar menos suscetível às plantas daninhas, refletindo-se na duração dos períodos de interferência ou alguma característica da cultura. Isso pode ser conferido nos estudos sobre o incremento do tempo que a cultura conviveu com as plantas daninhas (PAI) quando se usou nitrogênio (Bressanin et al., 2013b), resíduos vegetais (Parreira et al., 2013), alta densidade de sementeira e menor espaçamento entre linhas (Parreira et al., 2011;

Esmaeilzadeh e Aminpanah, 2015). Além disso, Freitas et al. (2019) reportaram que o comprimento da raiz do feijão foi maior na presença de fertilizante fosforado em comparação à ausência do fertilizante, comprovando que o uso da fertilização fosforada atenua os efeitos da interferência de *Urochloa brizantha*. Portanto o incremento do PAI não é a única forma de demonstrar o efeito positivo dos tratos culturais na capacidade competitiva do feijoeiro.

A diferente cultivar plantada no Brasil e no Peru, também influenciou na capacidade competitiva do feijoeiro, dado que a cultivar TAA Dama usada no Brasil é de crescimento indeterminado tipo III (prostrada, muito ramificada e com formação de cipós) e a cultivar no Peru Canario 2000-INIAA é de crescimento determinado tipo I (ereta, pouco ramificada, sem formação de cipós). Então foi evidente a menor capacidade competitiva da cultivar Canario 2000-INIAA em decorrência da maior infestação de plantas daninhas observada em ambas as densidades de semeadura no Peru (maiores valores de IR média), em comparação à infestação da comunidade infestante em ambas as densidades dos experimentos no Brasil (menores valores de IR média). De acordo com os resultados de Mielle et al. (2019) a densidade e massa seca das plantas daninhas foi maior no feijoeiro cultivar IPR 139 (crescimento tipo II, vertical) em comparação à cultivar BRS Pontal (crescimento tipo III, prostrada), mostrando assim que a cultivar IPR foi menos eficiente na competição com a comunidade infestante. Por conseguinte, uma das estratégias do manejo não químico de plantas daninhas é a escolha de uma cultivar com elevada área foliar, resistência à alta pressão competitiva, maior altura, estrutura do dossel e desenvolvimento (Abouziena e Haggag, 2016).

O clima influenciou na capacidade de competição do feijoeiro, favorecendo seu desenvolvimento nas épocas mais quentes (Exp A e C) e desfavorecendo-o na época fria (Exp B). Em outras palavras, sob condições de temperaturas altas e suprimento normal de água, o feijoeiro semeado a alta densidade no Exp A (15 plantas m^{-1}) e no Exp C (12 plantas m^{-1}) elevou sua capacidade de competição contra as plantas daninhas, evidenciado na redução da duração do PCPI, aumento do PAI e diminuição da pressão de algumas espécies de plantas daninhas, em comparação à densidade menor (10 plantas m^{-1} no Exp A e 8 plantas m^{-1} no Exp C). Stagnari e Pisante (2011) estudaram em três anos (2004, 2005 e 2006) a variação

dos períodos de interferência no feijoeiro-comum, determinando que o ano 2004 (maiores temperaturas), favoreceu à cultura em relação a sua tolerância às plantas daninhas, mostrando maior PAI, menor acúmulo de massa seca das plantas daninhas em períodos de convivência e menor redução da massa fresca das vagens no tratamento sem controle de plantas daninhas, em comparação aos outros anos.

Mesmo as altas temperaturas favoreceram o estabelecimento e desenvolvimento do feijoeiro em detrimento de algumas populações de plantas daninhas na maior densidade do Exp A e Exp C, o microclima gerado pela alta população de plantas do feijão (temperaturas amenas e maior umidade no solo e ambiente) criaram boas condições para a infestação da murcha de fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*), impactando negativamente na produtividade da cultura semeada em alta densidade.

Por outro lado, a avaliação dos parâmetros fitossociológicos foi importante e necessária para determinar o grau de participação das espécies na interferência na cultura do feijoeiro nos três experimentos. Dessa maneira, as estratégias de manejo de plantas daninhas vão-se focar mais nas espécies relevantes, ou seja, que apresentaram os maiores valores de importância relativa. Porém, a análise dos componentes da IR (densidade, frequência e dominância) podem dar maior informação das espécies e assim aprimorar o controle de plantas daninhas. Concenço et al. (2013) explicaram que o controle de espécies abundantes (com elevada densidade) deveria ser em pré-emergência, as espécies menos frequentes por aplicações localizadas e as plantas dominantes (elevada massa seca) em pós-emergência precoce para evitar seu acúmulo de biomassa.

Nicandra physaloides foi a única espécie comum com elevados valores de IR nos três experimentos, o suficientemente abundante, frequente e dominante como para afetar em grande medida a duração dos períodos de interferência. Sua ampla distribuição é graças à grande capacidade de produção de sementes, sendo aproximadamente de 600 kg ha⁻¹ segundo Guo et al. (2021). Adicionalmente possui excepcional adaptação a diversas condições edafoclimáticas, portanto atualmente pode ser encontrada naturalizada na maior parte dos países sul-americanos e também em quase todos os continentes, exceto na Antártida (Barbosa et al., 2009; Pinto Carrasco, 2019). No Peru, a espécie encontra-se espalhada principalmente ao

longo da faixa do litoral e no Brasil praticamente se desenvolve em todo o país, ocorrendo com muita frequência em áreas olerícolas, embora também pode ser cultivada como ornamental ou medicinal (Moreira e Bragança, 2011).

6. CONCLUSÕES

Na safra das águas no Brasil, o PCPI do experimento com 15 plantas m^{-1} diminuiu e o PAI incrementou em comparação aos mesmos períodos de interferência na densidade de 10 plantas m^{-1} .

O PCPI das plantas daninhas foi menor e o PAI maior na safra de inverno, quando comparados com os mesmos períodos na safra das águas ou primavera-verão, na cultura do feijoeiro semeado com densidade DPM no Brasil.

No Peru, a maior densidade de semeadura (12 plantas m^{-1}) estendeu o PAI e diminuiu o PCPI, em contraste com os mesmos períodos na menor densidade de semeadura do feijoeiro-comum (8 plantas m^{-1}).

De acordo à análise fitossociológica, as espécies de plantas daninhas com os maiores valores de importância relativa no Brasil foram: *Nicandra physaloides* (safra das águas e safra de inverno), *Digitaria nuda* (safra das águas) e *Raphanus raphanistrum* (safra de inverno). Por outro lado, as espécies que possuíram os mais altos valores de importância relativa no Peru foram: *Nicandra physaloides*, *Setaria verticillata* e *Sorghum halepense*.

O acúmulo progressivo de massa seca das plantas daninhas diminuiu exponencialmente a produtividade da cultura, mas essa diminuição foi similar ou menos acentuada na maior densidade de semeadura (QPM no Brasil e DoPM no Peru), em comparação às menores densidades (DPM no Brasil e OPM no Peru).

A convivência com plantas daninhas em ambas as safras no Brasil ocasionaram resultados similares nos componentes da produção, tempo de cozimento e relação de hidratação do grão. O tempo de máxima hidratação foi maior na safra de inverno. Em ambas as safras, o convívio prolongado com plantas daninhas favoreceu a porcentagem de impurezas e de RP11 (grãos menores), e afetou a porcentagem de RP12-15 (grãos maiores) do feijoeiro-comum.

A maior densidade de semeadura conferiu ao feijoeiro-comum maior capacidade competitiva sobre algumas espécies de plantas daninhas em condições de clima cálido (safra das águas no Brasil e safra no Peru). Na safra do inverno no Brasil a maior densidade de semeadura não favoreceu a capacidade competitiva da cultura.

7. REFERÊNCIAS

Abouziena HF, Haggag WM (2016) Métodos alternativos de controle não químicos de plantas daninhas: Uma revisão. **Planta Daninha** 34:377-392. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340200019>

Agostinetto D, Souza EA, Andres A, Ulguim AR, Schimitz MF, Goulart FA (2021) Period prior to interference of barnyardgrass is modified due to the spraying of cyhalofop-butyl alone or associated with penoxsulam in paddy rice crop. **Advances in Weed Science** 39. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:00001>

Amaral FCR, Nepomuceno MP, Chaves ARCS, Carlin SD, Azania CAM (2019) Weed Interference Periods in Pre-Sprouted Sugarcane Seedlings. **Planta Daninha** 37. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100105>

Amini R, Alizadeh H, Yousefi A (2014) Interference between red kidneybean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). **European Journal of Agronomy** 60:13-21. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2014.07.002>

Andre RGB, Garcia A (2015) Alguns aspectos climaticos do Município de Jaboticabal – SP. **Nucleus** 12:263-269. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1543>

Andrioli I, Centurion JF (1999) Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.

Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S (2015) **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: FEPAF, 433 p.

Arnfield AJ (2020) Köppen climate classification. Encyclopedia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>. Acesso em: 20 nov. 2020.

Bachega LPS, Carvalho LB, Bianco S, Cecílio Filho AB (2013) Periods of weed interference in okra crop. **Planta Daninha** 31:63-70. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100007>

Baker C, Modi AT, Nciizah AD (2021) Weeding frequency effects on growth and yield of dry bean intercropped with sweet sorghum and cowpea under a dryland area. **Sustainability (Switzerland)** 13. <https://doi.org/10.3390/su132112328>

Barbosa FR, Gonzaga ACO (2012) **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 247 p. (Embrapa. Documentos, 272)

Barbosa JC, Barreto SS, Inoue-Nagata AK, Reis MS, Firmino AC, Filho AB, Rezende JAM (2009) Natural infection of *Nicandra physaloides* by Tomato severe rugose virus in Brazil. **Journal of General Plant Pathology** 75:440-443. <https://doi.org/10.1007/s10327-009-0198-5>

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

Barroso AAM, Alves PLCA, Yamauti MS, Nepomuceno MP (2012) Comunidade infestante e sua interferência no feijoeiro implantado sob plantio direto, na safra de primavera. **Planta Daninha** 30:279-286. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000200006>

Barroso AAM, Yamauti MS, Alves PL da CA (2010) Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares de feijoeiro em duas épocas de semeadura. **Bragantia** 69:609-616. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000300012>

Batista PSC, Oliveira VS, Caxito AM, Carvalho AJ, Aspiazú I (2016) Phytosociological survey of weeds in cultivars of common beans with different types of growth in the north of Minas Gerais. **Planta Daninha** 34:497-507. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340300010>

Bellé C, Kulczynski SM, Kaspary TE, Kuhn PR (2017) Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Meloidogyne incognita*. **Nematropica** 47:26-33.

Bitocchi E, Nanni L et al. (2012) Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 109. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>

Borba AM (2018) **Desenvolvimento e preferéncia alimentar de *Spodoptera cosmíoides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em feijão e língua-de-vaca**. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFPR, Curitiba.

Borchardt L, Jakelaitis A, de Assis Valadão FC, Venturoso LAC, dos Santos CL (2011) Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciencia Agronomica** 42:725-734. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300019>

Borges WLB, Freitas RS, Mateus GP, Sá ME, Alves MC (2014) Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha** 32:755-763. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582014000400010>

Boyd NS, Fnu K, Marble C, Steed ST, MacRae AW (2017) **Biology and management of goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) in tomato, pepper, cucurbits, and strawberry**. Gainesville: UF/IFAS Extension, 4 p. (University of Florida. Documentos, HS1178)

Bressanin FN, Giancotti PRF, Parreira MC, Alves PL da CA (2013a) Influence of *Raphanus raphanistrum* L. Density and Relative Time of Emergence on Bean Crop. **Journal of Agricultural Science** 5. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n10p199>

Bressanin FN, Nepomuceno M, Martins JVF, Carvalho LB De, Alves PL da CA (2013b) Influência da adubação nitrogenada sobre a interferência de plantas daninhas em feijoeiro. **Revista Ceres, Viçosa** 60:43-52. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100007>

Brighenti AM, Oliveira MF (2011) Biologia de Plantas Daninhas. In.: Oliveira Jr RS, Constantin J, Inoue MH (Eds.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 348 p.

CABI - Centre for Agricultural Bioscience International (2022a) Invasive Species Compendium. *Nicandra physaloides* (apple of Peru). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/36289>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CABI - Centre for Agricultural Bioscience International (2022b) Plantwise Knowledge Bank. *Urochloa plantaginea* (marmeladegrass). Disponível em: <https://www.plantwise.org/KnowledgeBank/datasheet/9668#ImpactSection>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CABI - Centre for Agricultural Bioscience International (2022c) Invasive Species Compendium. *Acanthospermum hispidum* (bristly starbur). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/2465>. Acesso em: 13 fev. 2022.

CABI - Centre for Agricultural Bioscience International (2021) Invasive Species Compendium. *Amaranthus retroflexus* (redroot pigweed). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/4652>. Acesso em: 20 jul. 2021.

Canale MC, Ribeiro L do P, Castilhos RV, Wordell Filho JA (2020) **Pragas e doenças do feijão: diagnose, danos e estratégias de manejo**. Florianópolis: Epagri, 93 p. (Epagri. Boletim Técnico, 197).

Carvalho MCS (2021) Árvore do conhecimento do feijão: adubação. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_81_131120_0215104.html. Acesso em: 9 jun. 2021.

Chang-Hung C (2006) Introduction to allelopathy. In: Reigosa MJ, Pedrol N, González L (Eds.) **Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications**. Netherlands: Springer, p. 1-8.

Chauhan BS, Johnson DE (2008) Germination Ecology of Goosegrass (*Eleusine indica*): An Important Grass Weed of Rainfed Rice. **Weed Science** 56:699-706. <https://doi.org/10.1614/ws-08-048.1>

Cheam A, Code G (1995) The biology of Australian weeds 24. *Raphanus raphanistrum* L. **Plant Protection Quarterly** 10:2-13.

Cobucci T (2014) Plantas Daninhas. In.: Gonzaga AC de O (Ed.) **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, p. 191-208.

Cobucci T, Stefano JG Di, Kluthcouski J (1999) **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 56p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 35).

Coelho CG, Dalvi LP, Oliveira LSG, Oliveira FL (2019) Production and Nutrient Accumulation of Common Bean Cultivars under Competition with Weed. **Planta Daninha** 37. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100151>

Coelho CMM, Souza CA, Danelli ALD, Pereira T, Santos JCP, Piazzoli D (2008) Cooking capacity of dry bean grains according to genotype and temperature of hydration water. **Ciência e Agrotecnologia** 32:1080-1086. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542008000400007>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2022) Safra Brasileira de Grãos. Boletim da safra de grãos. Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 9 abr. 2021.

Concenção G, Tomazi M, Correia IVT, Santos SA, Galon L (2013) Phytosociological Surveys: Tools for Weed Science? **Planta Daninha** 31:469-482. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200025>

Costa RSS, Arf O, Júnior VO, Buzetti S (2009) População de plantas e nitrogênio para feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Caatinga** 22:39-45.

Cruz DR, Leandro LFS, Munkvold GP (2019) Effects of Temperature and pH on *Fusarium oxysporum* and Soybean Seedling Disease. **Plant Disease** 103:3234-3243. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-1952-RE>

Cubero JI, Moreno MT (Eds.) (1983) **Leguminosas de Grano**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 359 p.

Cury JP, Santos JB, Silva EB, Braga RR, Carvalho FP, Valadão Silva D, Byrro ECM (2013) Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha** 31:79-88. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100009>

D'Amico-Damião V, Barroso AAM, Alves PL da CA, Lemos LB (2020) Intercropping maize and succession crops alters the weed community in common bean under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 50:539-547. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5065244>

Da Costa DS, Barbosa RM, Eustáquio De Sá M (2013) Weed management and its relation to yield and seed physiological potential in common bean cultivars. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 43:147-154. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200010>

Da Silva A, Pereira T, Coelho CMM, de Almeida JA, Schmitt C (2011) Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum - Agronomy** 33:147-152. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5878>

Da Silva JG, Ferreira EPDB, Nascente AS (2021) Common bean yield as affected by in furrow filler liming and nitrogen topdressing. **Revista Caatinga** 34:857-866. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n413rc>

Da Silva JIC, Martins D, Pereira MRR, Cardoso LA, Rodrigues-Costa ACP (2013) Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Bioscience Journal** 29:1255-1266. <https://doi.org/10.1590/brag.2013.040>

Da Silva OF (2021) Consumo *Per capita* de Arroz (*Oryza sativa* L.) e de Feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, de 1985 a 2020. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefejiao.htm>. Acesso em: 3 mar. 2022.

Da Silva SC (2022) Árvore do conhecimento do feijão: clima. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_20_1311200215101.html. Acesso em: 13 mar. 2022.

Da Silva SC, Didonet AD, Moraes AC (2014) Clima. In.: Gonzaga AC de O (Ed.) **Feijão : o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, p. 26-30.

Da Silva Teixeira GC, Stone LF, Heinemann AB (2015) Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 45:9-17. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4528297>

Da Silveira PM (2022) *Árvore do conhecimento do feijão: produção*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_74_131120_0215104.html. Acesso em: 13 mar. 2022.

Dávila M, Vásquez CL, Pomboza P (2017) Primer reporte de *Raphanus raphanistrum* L. en los páramos de Chimborazo, Ecuador. **Idesia** 35:93-97. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000201>

De Castro JL, Ito MF, Maringoni AC, Balardin RS (2006) Desafios ao controle de doenças na cultura do feijoeiro nas regiões sul e sudeste do Brasil. In: VI SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO. **Anais...**São Paulo: IAC, p. 250.

De Matos CDC, Da Silva CT, Cunha PT, Gandini EMM, Silva DV, Barbosa EA, Dos Santos JB, Ferreira EA (2015) *Nicandra physalodes* growth at different concentrations of N, P and K. **Semina: Ciências Agrárias** 36:1307-1316. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1307>

De Matos C da C, Gandini EMM, Silva EA, dos Santos JB, Ferreira EA (2018) Accumulation potential and nutrient cycling of apple of Peru (*Nicandra physalodes*). **Revista Caatinga** 31:360-369. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n212rc>

De Santis FP, Neto AS, Cavalcante AG, Filla VA, Mingotte FLC, Lemos LB (2019) Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae** 15:21-30. <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n6.a332>

Dekker J (2004) Evolutionary biology of the foxtail (*Setaria*) species-group. In.: **Weed Biology and Management**. Dordrecht: Springer, p. 65-113.

Dekker J (2003) The foxtail (*Setaria*) species-group. **Weed Science** 51:641-656. <https://doi.org/10.1614/p2002-ir>

Dias ACR, Carvalho SJP, Nicolai M, Christoffoleti PJ (2007) Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim-colchão (*Digitaria* spp.) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 25:489-499. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300008>

Didonet AD, Carvalho MAF (2014) Fisiologia. In.: Gonzaga AC de O (Ed.) **Feijão : o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, p. 32-40.

Do Amaral EL, Woyann LG, Baretta DR, Gobatto DR, de Paula GS, Kafer JM, Do Amaral JEL, Finatto T (2022) Seltion for grain size and sieve yield in F3 common bean genotypes using linear mixed models. **Acta Scientiarum - Agronomy** 44. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v44i1.52953>

Dos Santos RR, Rossato AE, dos Santos AR, Borges MS, Pierini MM, Amaral PA, Nicolau VR, Citadini-Zanette V (2012) *Coronopus didymus* (L.) Smith In.: Rossato AE, Pierini MM, Amaral PA, Dos Santos RR, Citadini-Zanette V (Eds.) **Fitoterapia Racional: Aspectos Taxonômicos, Agroecológicos, Etnobotânicos e Terapêuticos**. Florianópolis: DIOESC, p. 95-110.

Ernst WHO, Tolsma DJ (1992) Growth of Annual and Perennial Grasses in a Savanna of Botswana under Experimental Conditions. **Flora** 186:287-300. [https://doi.org/10.1016/s0367-2530\(17\)30547-9](https://doi.org/10.1016/s0367-2530(17)30547-9)

Eslami SV, Ward S (2021) *Chenopodium album* and *Chenopodium murale*. In.: Chauhan B (Ed.) **Biology and Management of Problematic Crop Weed Species**. London: Academic Press, p. 89-112. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822917-0.00009-4>

Esmailzadeh S, Aminpanah H (2015) Effects of planting date and spatial arrangement on common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield under weed-free and weedy conditions. **Planta Daninha** 33:425-432. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300005>

Etminani A, Mohammadi K, Saberali SF (2021) Effect of organic and inorganic amendments on growth indices and seed yield of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) in competition with *Amaranthus retroflexus*. **Journal of Plant Nutrition** 44:421-437. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822398>

Fahl JI, Carelli MLC (1997) Eficiência do nicosulfuron no controle de capim-massambara na cultura do milho. **Planta Daninha** 15:46-52. <https://doi.org/10.1590/s0100-83581997000100006>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016) Health Benefits of Pulses. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/f8ca4edf-8fad-49d0abe4bf038139d540>. Acesso em: 20 jul. 2020.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (2022) Producción de frijol seco: los 10 principales productores. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 19 abr. 2021.

Farinelli R, Lemos LB (2010) Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia** 69:165-172. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000100021>

Farlow PJ (1981) Effect of low temperature on number and location of developed seed in two cultivars of French beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Australian Journal of Agricultural Research** 32:325-330.

Filgueira FAR (2008) **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 421 p.

Franke AC, Van Dijk CJ, Riemens MM (2009) ***Setaria verticillata*, *Digitaria ischaemum* and *Geranium molle*: biology and control, a review of literature.** Wageningen: Plant Research International, 28 p. (Plant Research International. Note, 587).

Freitas AF, Maciel JC, Silva MM, Santos JB (2019) *Urochloa brizantha* interference in the *Phaseolus vulgaris* radicular system fertilized with phosphorus. **Planta Daninha** 37. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100055>

Frizzas MR (1998) **Levantamento de insetos em plantas daninhas na entressafra das culturas da soja e do milho em Jaboticabal (SP).** 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Entomologia) - USP, Piracicaba.

Galon L, Trevisol R, Forte CT, Tironi SP, Reichert Júnior FW, Radunz AL (2017a) Competitive ability of bean cultivars with hairy beggarticks. **Revista Caatinga** 30:855-865. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n405rc>

Galon L, Winter FL, Forte CT, Agazzi LR, Basso FJM, Holz CM, Perin GF (2017b) Associação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em feijão do tipo preto. **Revista Brasileira de Herbicidas** 16:268-278. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i4.559>

Ghamari H, Ahmadvand G (2013) Growth Analysis of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Different Weed Interference Situations. **Notulae Scientia Biologicae** 5:394-399. <https://doi.org/10.15835/nsb539052>

Giancotti PRF, Nepomuceno MP, de Souza Rodrigues J, Yamauti M, Martins JVF, da Costa Aguiar Alves PL (2020) Residues of sweet sorghum promotes suppression of weeds in sugarcane rotation. **Australian Journal of Crop Science** 14:565-573. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.04.p1903>

Guo C, Li X, Gong T, Yang Xudong, Wang G, Yang Xi, Guo Y (2021) Gelation of *Nicandra physalodes* (Linn.) Gaertn. polysaccharide induced by calcium hydroxide: A novel potential pectin source. **Food Hydrocolloids** 118. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2021.106756>

Hara FA dos S, Vendruscolo J, Bastos AL (2021) Efeito da densidade de plantio sobre o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e sobre as características de um Latossolo na Amazônia Central. **Conjecturas** 21:484-495. <https://doi.org/10.53660/conj-363-808>

Hill EC, Renner KA, Sprague CL, Davis AS (2016) Cover Crop Impact on Weed Dynamics in an Organic Dry Bean System. **Weed Science** 64:261-275. <https://doi.org/10.1614/ws-d-15-00114.1>

Hodkinson TR (2018) Evolution and Taxonomy of the Grasses (Poaceae): A Model Family for the Study of Species-Rich Groups. **Annual Plant Reviews** 1:1-39. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0622>

Hugo Elbé, Morey L, Saayman-Du Toit AEJ, Reinhardt CF (2014a) Critical Periods of Weed Control for Naked Crabgrass (*Digitaria nuda*), a Grass Weed in Corn in South Africa. **Weed Science** 62:647-656. <https://doi.org/10.1614/ws-d-13-00152.1>

Hugo E., Saayman-Du Toit AEJ, Reinhardt CF (2014b) Germination characteristics of the grass weed *Digitaria nuda* (Schumach.). **South African Journal of Botany** 90:52-58. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.10.004>

IAS - International Allelopathy Society (1996) First World Congress on Allelopathy: A science for the future. **Resumos...**Cádiz: IAS, 278 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) Censo Agro 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/2012-agencia-de-noticias/noticias/25786-em-11-anos-agricultura-familiar-perde-9-5-dos-estabelecimentos-e-2-2-milhoes-de-postos-de-trabalho.html>. Acesso em: 15 mar. 2022.

INIA – Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (2004) Frijol Canario 2000 – INIAA. Variedad de frijol arbustivo para la costa del Perú. Disponível em: <http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/frijol/Canario-2000.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

Iqbal N, Manalil S, Chauhan BS, Adkins SW (2022) Effect of narrow row-spacing and weed crop competition duration on cotton productivity. **Archives of Agronomy and Soil Science** 68:355-367. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1836344>

Karavidas I, Ntatsi G et al. (2022) Agronomic Practices to Increase the Yield and Quality of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. **Agronomy** 12. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020271>

Karkanis A, Athanasiadou D, Giannoulis K, Karanasou K, Zografos S, Souipas S, Bartzialis D, Danalatos N (2020) Johnsongrass (*Sorghum halepense* (L.) pers.) interference, control and recovery under different management practices and its effects on the grain yield and quality of maize crop. **Agronomy** 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020266>

Kaur R, Soodan AS (2017) Reproductive biology of *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Poaceae; Panicoideae; Andropogoneae) in relation to invasibility. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants** 229:32-49. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.02.009>

Kebaso L, Frimpong D, Iqbal N, Bajwa AA, Namubiru H, Ali HH, Ramiz Z, Hashim S, Manalil S, Chauhan BS (2020) Biology, ecology and management of *Raphanus raphanistrum* L.: a noxious agricultural and environmental weed. **Environmental Science and Pollution Research** 27:17692-17705. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08334-x>

Kellogg EA (2015) Flowering plants. Monocots: Poaceae. In: Kubitzki K (ed). **The Families and Genera of Vascular Plants v. 13**. Cham: Springer International, p. 416.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2001) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 19:323-330. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582001000300003>

Lacerda ML, Aspiazú I, De Carvalho AJ, Da Silva AF, Ferreira EA, De Souza AA, De Campos ML, Brito CFB (2020) Periods of weed interference in cowpea crop in the semi-arid of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 15:1-6. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i2a6749>

Lage P, Antônio Da Silveira Júnior M, Ferreira A, Antônio G, Pereira M, De Barros Silva E (2017) Interferência do arranjo de plantas daninhas no crescimento do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical** 4:61-68.

Leal FT, Bettiol JVT, Filla VA, Coelho AP, Mingotte FLC, Lemos LB (2021) Grain quality of common bean cultivars under low and high nitrogen dose. **Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo** 53:118-127. <https://doi.org/10.48162/rev.39.012>

Lee SM, Cavers PB (1981) The effects of shade on growth, development, and resource allocation patterns of three species of foxtail (*Setaria*). **Canadian Journal of Botany** 59:1776-1786. <https://doi.org/10.1139/b81-237>

Lemos LB, Mingotte FLC, Farinelli R (2015) Cultivares. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S (Eds.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris***. Botucatu: FEPAF, p. 181-207.

Lima RAZ, Tomé LM, Abreu CMP de (2014) Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural** 44:1664-1670. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120832>

Liu JG, Mahoney KJ, Sikkema PH, Swanton CJ (2009) The importance of light quality in crop – weed competition. **Weed Research** 49:217-224. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00687.x>

Lorenzi H (2014) **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Sétima edição. São Paulo: IPSIS gráfica e editora, 383 p.

Luders ME (2020) Pandemia fez consumo de feijão crescer no Brasil e motivou discussões sobre a profissionalização da cadeia produtiva. Notícias agrícolas. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/feijao-e-graos-especiais/276838-pandemia-fez-consumo-de-feijao-crescer-no-brasil-e-motivou-discussoes-sobre-a-profissionalizacao-da-cadeia.html#.YIWIRXjMLIW>. Acesso em: 15 ab. 2022.

Machado AB, Trezzi MMI, Vidal RA, Patel F, Cieslik LF, Debastiani F (2015) Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha** 33:41-48. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582015000100005>

Malik MS, Norsworthy JK, Riley MB, Bridges W (2010) Temperature and Light Requirements for Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) Germination over a 12-Month Period following Maturation. **Weed Science** 58:136-140. <https://doi.org/10.1614/ws-09-109.1>

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021) Registro Nacional de Cultivares-RNC. TAA DAMA - *Phaseolus vulgaris* L. Lista de descritores. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 22 ag. 2021.

Marchioretto LDR, Magro TD (2018) Safening effect of bentazon over phytotoxicity of ALS inhibitors herbicides on two cultivars of common beans. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 17:77-82. <https://doi.org/10.5965/223811711712018077>

Marques LJP (2015) **Interferência das plantas daninhas na nutrição e produtividade da cultura da berinjela cultivar “Nápoli” com e sem tutoramento e desbrota**. 126 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Unesp, Jaboticabal.

Marques LJP, Bianco S, Filho ABC, Bianco MS, Lopes GDS (2017) Weed interference in eggplant crops. **Revista Caatinga** 30:866-875. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n406rc>

McKenzie-Gopsill AG, Amirsadeghi S, Fillmore S, Swanton CJ (2020) Duration of Weed Presence Influences the Recovery of Photosynthetic Efficiency and Yield in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Frontiers in Agronomy** 2. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.593570>.

Mehmood-UI-Hassan, Qayyum A, Sher A, Tahir MI, Azeem M, Fareed A (2020) Weeds biomass as affected by tillage practices and cropping systems under a semiarid environment. **Planta Daninha** 38:1-9. <https://doi.org/10.1590/S0100-835820203801000>

Mengesha K, Sharma JJ, Tamado T, Lisanework N (2015) Effect of Plant Spacing and Weeding Frequency on Weed Infestation, Yield Components and Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Ethiopia. **East African Journal of Sciences** 9:1-14

Mhlanga B, Chauhan BS, Thierfelder C (2016) Weed management in maize using crop competition: A review. **Crop Protection** 88:28-36. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.008>

MIDAGRI - Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2022) La zonificación ecológica económica potencial de los suelos. Disponível em: <https://www.midagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo>. Acesso em: 13 fev. 2022.

Mielle RF, Zanoni HML, Alves PLCA, Parreira MC, Portugal J (2019) Periods of weed interference on bean crop with cultivars plants different architecture types. **Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences** 5:439-450. <https://doi.org/10.26479/2019.0503.36>

Mollaee M, Darbandi EI, Aval MB, Chauhan BS (2020) Germination response of three *Setaria* species (*S. viridis*, *S. verticillata*, and *S. glauca*) to water potential and temperature using non-linear regression and hydrothermal time models. **Acta Physiologiae Plantarum** 42:149. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03133-w>

Monterroso VA, Wien HC (1990) Flower and Pod Abscission Due to Heat Stress in Beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 115:631-634. <https://doi.org/10.21273/jashs.115.4.631>

Moraes T, Ferreira Da Silva A, Leite NA, Karam D, Mendes SM (2020) Survival and Development of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Weeds during the Off-Season. **Florida Entomologist** 103:288-292. <https://doi.org/10.1653/024.103.0221>

Moreira HJDC, Bragança HBN (2011) **Manual De Identificação de Plantas Infestantes**. São Paulo: FMC Agricultural Products, 1017 p.

Mostacedo B, Fredericksen T (2000) **Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal**. Santa Cruz de la Sierra: Editora El País, 92 p.

Mueller-Dombois E, Ellenberg H (1974) **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 547p.

Muimba-Kankolongo A (2018) Leguminous Crops. In.: Muimba-Kankolongo A (Ed.). **Food Crop Production by Smallholder Farmers in Southern Africa**. London: Academic Press, p.173-203. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814383-4.00010-4>

Musana RF, Rucamumihigo FX, Nirere D, Mbaraka SR (2020) Growth and yield performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by plant density at Nyagatare, East Rwanda. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development** 20:16249-16261. <https://doi.org/10.18697/ajfand.92.18700>

Ngom A, Samba Mbaye M, Barnaud A, Codou Gueye M, Aziz Camara A, Gueye M, Magatte Diop B, Noba K (2019) Ecological distribution, diversity and use of the genus *Digitaria* Haller (Poaceae) in Senegal. **International Journal of Biodiversity and Conservation** 11:8-17. <https://doi.org/10.5897/ijbc2017.1150>

Odero DC, Wright AL (2018) Critical period of weed control in snap bean on organic soils in South Florida. **HortScience** 53:1129-1132. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12536-17>

Ogunsusi M, Akinlalu AO, Komolafe IJ, Oyedapo OO (2018) Allelopathic effects of alkaloid fraction of *Crotalaria retusa* Linn on growth and some biochemical parameters of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris*). **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry** 10:1-9. <https://doi.org/10.5897/IJPPB2017.0261>

Oliveira MGC, Oliveira LFC, Wendland A, Guimarães CM, Quintela ED, Barbosa FR, Carvalho MCS, Junior ML, Silveira PM (2018) **Conhecendo a Fenologia do Feijoeiro e Seus Aspectos Fitotécnicos**. Brasília: Embrapa, 59 p.

Oliveira SC, Peres LRS, Hijano N, Alves PL da CA (2019) Period of Weed Interference in Bean With Nitrogen Fertilizer. **Journal of Agricultural Science** 11:381. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p381>

Oveisi M, Kaleibar BP, Mashhadi HR, Müller-Schärer H, Bagheri A, Amani M, Elahinejad M, Masoumi D (2021) Bean cultivar mixture allows reduced herbicide dose while maintaining high yield: A step towards more eco-friendly weed management. **European Journal of Agronomy** 122. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126173>

Pagnoncelli FB, Vidal RA, Trezzi MM, Gallon M, Brusamarello AP (2018) Characterization of ethoxysulfuron herbicide selectivity in common bean cultivars. **Planta Daninha** 36:1-7. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100113>

Pardo G, Cirujeda A, Perea F, Verdú AMC, Mas MT, Urbano J (2019) Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: results of a long-term experiment in Southwestern Spain. **Planta Daninha** 37:1-12. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100>

Parreira MC, Alves PLC., Peñaherrera-Colina LA (2011) Influencia de las malezas sobre el cultivo de frijol en función de espaciamiento y de la densidad de plantas. **Planta Daninha** 29:761-769. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582011000400006>

Parreira MC, Alves PLCA, Lemos LB, Portugal J (2014) Comparação entre métodos para determinar o período anterior à interferência de plantas daninhas em feijoeiros com distintos tipos de hábitos de crescimento. **Planta Daninha** 32:727-738. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582014000400007>

Parreira MC, Barroso AAM, Pereira FCM, Alves PLCA (2012) Modeling of weeds interference periods in bean. **Planta Daninha** 30:713-720. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582012000400004>

Parreira MC, Barroso AAM, Portugal JM, Alves PLCA (2015a) Effect of drought stress on periods prior of weed interference (PPWI) in bean crop using arbitrary and tolerance estimation. **Australian Journal of Crop Science** 9:1249-1256

Parreira MC, Lemos LB, Portugal J, Alves PL da CA (2015b) Effects of desiccation with glyphosate on two common bean cultivars: Physiology and cooking quality of the harvested product. **Australian Journal of Crop Science** 9:925-930

Parreira MC, Peñaherrera-Colina LA, Alves PLCA, Pereira FCM (2013) Interferencia de malezas en el cultivo de frijol en dos sistemas de labranzas. **Planta Daninha** 31:319-327. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200009>

Peerzada AM (2017) Biology, agricultural impact, and management of *Cyperus rotundus* L.: the world's most tenacious weed. **Acta Physiologiae Plantarum** 39. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2574-7>

Peerzada AM, Ali HH et al. (2017) Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.) Pers. **Biological Invasions** p. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1410-8>

Pérez-Peralta PJ, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A, Trejo-Téllez LI, Cruz-Ortega R, Silva-Rojas H V (2019) Responses of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and *Rhizobium tropici* CIAT899 symbiosystem to induced allelopathy by *Ipomoea purpurea* L. Roth. **Revista Argentina de Microbiología** 51:47-55. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.01.006>

Pinto Carrasco D (2019) *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn. (Solanaceae), nuevo xenófito para la flora de Castilla y León. **Flora Montiberica** 74:12-14.

Pinto MAB, Basso CJ, Kulczynski SM, Bellé C (2014) Productivity and physiological quality of seeds with burn down herbicides at the pre harvest of bean crops. **Journal of Seed Science** 36:384-391. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n4997>

Pitelli RA (1987) **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. Piracicaba, p.1- 24 (Série Técnica IPEF).

Pitelli RA, Durigan JC (1984) Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS E VI CONGRESSO DE LA ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM). Belo Horizonte: SBHED, p.37.

Pitelli RA, Marchi SR (1991) Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, p. 1-11.

Preston C (2014) Plant Biotic Stress: Weeds. In.: Van Alfen NK (Ed.). **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**. London: Academic Press, p.343-348. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00169-8>

Purl S, Khara A (1991) Allelopathic effects of *Eucalyptus tereticornis* on *Phaseolus vulgaris* seedlings. **International Tree Crops Journal** 6:287-293. <https://doi.org/10.1080/01435698.1991.9752893>

Qasem JR (2019) Weed Seed Dormancy: The Ecophysiology and Survival Strategies. In.: Jimenez-Lopez JC (Ed.). **Seed Dormancy and Germination**. London: IntechOpen, p. 1-36.

Ramalho MAP, Abreu AFB (2006) Cultivares. In.: Vieira C, Paula Junior TJP, Borém A (Eds.) **Feijão**. Segunda Edição. Viçosa: UFV, p. 415-436.

Rana SS, Rana MC (2015) **Advances in Weed Management**. Palampur: CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, 55 p.

Rashidi S, Yousefi AR, Pouryousef M, Goicoechea N (2021) Mycorrhizal impact on competitive relationships and yield parameters in *Phaseolus vulgaris* L. -weed mixtures. **Mycorrhiza** 31:599-612. <https://doi.org/10.1007/s00572-021-01046-1>

Ribeiro FE, Del Peloso MJ, Barbosa FR, Gonzaga AC de O, De Oliveira LFC (2011) **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 61 p. (Embrapa. Circular Técnica, 89).

Rigon JPG, Capuani S, Cherubin MR, Wastowski AD, Da Rosa GM (2012) Allelopathic effects of aqueous extract of *Brassica napus* on germination of seeds of *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 7:451-455. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1732>

Rocha DC, Rodella RA, Martins D (2007) Morphological characterization of wandering-jew species (*Commelina* spp.) using multivariate analysis. **Planta Daninha** 25:671-678. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582007000400003>

Rosolem CA, Marubayashi OM (1994) Seja o doutor do seu feijoeiro. In: **Encarte de Informações Agronômicas**, n.68. 16 p.

Salgado TP, Salles MS, Martins JVF, Alves PLCA (2007) Interferência das plantas daninhas no feijoeiro Carioca. **Planta Daninha** 25:443-448. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300002>

Sánchez-Arteaga HM, Urías-Silvas JE, Espinosa-Andrews H, García-Márquez E (2015) Effect of chemical composition and thermal properties on the cooking quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **CYTA - Journal of Food** 13:385-391. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.988182>

Schiessel JJ, Mello GR de, Schmitt J, Pastorello LF, Bratti F, Oliveira Neto AM de, Guerra N (2019) Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 18:430-437. <https://doi.org/10.5965/223811711842019430>

Scholten R, Parreira MC, Alves PLDCA (2011) Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro 'Rubi' em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Acta Scientiarum - Agronomy** 33:313-320. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5646>

Seidel EP, Spaki P, Cordeiro S, Parise L, Vilanova N (2012) Efeito de plantas de cobertura no feijoeiro e no manejo de plantas invasoras. **Revista Varia Scientia Agrárias** 2:107-118.

Sharpe SM, Boyd NS (2019) Germination ecology for Florida populations of carpetweed (*Mollugo verticillata*), Carolina geranium (*Geranium carolinianum*), eclipta (*Eclipta prostrata*), and goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Science** 67:433-440. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.17>

Shrestha A, Knezevic SZ, Roy RC, Ball-Coelho BR, Swanton CJ (2002) Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. **Weed Research** 42:76-87. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00264.x>

Simpson MG (2019a) Diversity and Classification of Flowering Plants: Eudicots. In.: Simpson MG (Ed.). **Plant Systematics**. London: Academic Press, p. 285-466. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812628-8.50008-0>

Simpson MG (2019b) Diversity and Classification of Flowering Plants: Amborellales, Nymphaeales, Austrobaileyales, Magnoliids, Monocots, and Ceratophyllales. In.: Simpson MG (Ed.). **Plant Systematics**. London: Academic Press, p. 187-284. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812628-8.50007-9>

Siqueira B dos S (2013) **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão carioca : aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - UFG, Goiânia.

Soil Survey Staff (2015) **Illustrated guide to soil taxonomy, version 2**. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska. 497 p.

Soltani A, Bello M, Mndolwa E, Schroder S, Moghaddam SM, Osorno JM, Miklas PN, McClean PE (2016) Targeted analysis of dry bean growth habit: Interrelationship among architectural, phenological, and yield components. **Crop Science** 56:3005-3015. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2016.02.0119>

Soltani N, Dille JA et al. (2018) Potential yield loss in dry bean crops due to weeds in the United States and Canada. **Weed Technology** 32:342-346. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.116>

Squires CC, Walsh MJ (2021) *Sorghum halepense*. In.: Chauhan B (Ed.) **Biology and Management of Problematic Crop Weed Species**. London: Academic Press, p. 391-405. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822917-0.00012-4>

Srivastava R, Srivastava V, Singh A (2021) Multipurpose Benefits of an Underexplored Species Purslane (*Portulaca oleracea* L.): A Critical Review. **Environmental Management**, p.1-12. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01456-z>

Stagnari F, Pisante M (2011) The critical period for weed competition in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mediterranean areas. **Crop Protection** 30:179-184. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.003>

Tavares CJ, Jakelaitis A, Rezende BPM, Da Cunha PCR (2013) Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 8:27-32. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a1849>

Tejada JL (2016) **Control de malezas e interacción con dosis de nitrógeno en el cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Producción Agrícola) - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Tôsto SG, Wander AE, Pereira LC, Mangabeira JA de C, Coelho GC (2012) **Diagnóstico socioeconômico da cultura do feijão no Brasil**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 24 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 94).

Uljol LHO, Bianco S, Filho ABC, Bianco MS, Carvalho LB (2018) Weed Interference on Productivity of Bell Pepper Crops. **Planta Daninha** 36. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100046>

Valladolid AR (2016) **Leguminosas de Grano. Semillas nutritivas para un futuro sostenible**. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego, 75 p. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460.13>

Vasić M, Gvozdanović-Varga J, Zorić M, Balalić MK, Červenski J (2010) Analysis of grain size in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by linear and bilinear models. **Genetika** 42:535-544. <https://doi.org/10.2298/GENSR1003535V>

Velho GF, Crusciol CAC, Velini ED, Castro GSA, Borghi E (2012) Interferência de *Brachiaria plantaginea* com a cultura do arroz, cv. Primavera. **Planta Daninha** 30:17-26. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000100003>

Vincensi MM, Araújo ÉDO, Kikuti H, Camacho A (2011) Manejo do solo e adubação nitrogenada na supressão de plantas daninhas na cultura do feijão de inverno e irrigado. **Revista Ciência Agrônômica** 42:758-764.

Wandscheer ACD, Pastorini LH (2008) Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. **Ciência Rural** 38:949-953. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000400007>

Watanabe H, Kusagaya Y, Saigusa M (2002) Environmental factors affecting germination of apple of Peru. **Weed Science** 50:152-156. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0152:efagoa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0152:efagoa]2.0.co;2)

Weintraub PG, Scheffer SJ et al. (2017) The invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding its pest status and management globally. **Journal of Insect Science** 17. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew121>

Wendland A, Lobo Junior M, De Faria JC (2018) **Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum**. Brasília: Embrapa, 49 p.

Workayehu T, Wortmann CS (2011) Maize-bean intercrop weed suppression and profitability in Southern Ethiopia. **Agronomy Journal** 103:1058-1063. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0493>

Yzarra WJ, Franco AJ, Falcón SC (2017) Impacto de la variabilidad y cambio climático en el cultivo de frijol. Disponível em: https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/243/Impacto-variabilidad-cambio-clim%C3%A1tico-cultivo-frijol_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 ab. 2022.