



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA
SOB SEMEADURA DIRETA EM GRÃO-DE-BICO IRRIGADO**

THIAGO ESTÁCIO DA COSTA

Brasília, DF

Julho de 2023

THIAGO ESTÁCIO DA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA
SOB SEMEADURA DIRETA EM GRÃO-DE-BICO IRRIGADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO CARMONA

Coorientador: Me. JOSÉ DE OLIVEIRA CRUZ

Brasília, DF

Julho de 2023

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA SOB SEMEADURA DIRETA EM GRÃO-DE-BICO IRRIGADO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO CARMONA

Coorientador: Me. JOSÉ DE OLIVEIRA CRUZ

BANCA EXAMINADORA:

Ricardo Carmona
Doutor, Universidade de Brasília – UnB
Orientador / e-mail: rcarmona@unb.br

José de Oliveira Cruz
Mestre, Universidade de Brasília – UnB
Examinador / e-mail: josecruz08@yahoo.com

Núbia Maria Correia
Doutora, Embrapa Cerrados
Examinadora / e-mail: nubia.correia@embrapa.br

Brasília, DF

Julho de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela proteção, e por sempre me dar força para permanecer na fé.

Aos meus pais Rosival pereira, Maria de Lourdes e o meu irmão Matheus, pelo apoio, carinho amor, companheirismo e força que sempre me deram.

Ao Sr. Osmar Artiaga proprietário da Agro Garbanzo e toda sua equipe da fazenda, pelo apoio a realização do experimento e por sempre darem apoio à pesquisa do grão-de-bico no Cerrado.

Ao Mestre Walter Buzzati (*In memória*) pela iniciativa do projeto pesquisa, dedicação, empenho e ensinamento na condução dos ensaios.

Ao Professor Dr Ricardo Carmona, pela orientação, apoio, ensinamento, amizade, dedicação e pelo exemplo de profissional e pessoal durante toda a graduação.

Ao Mestre José Cruz, pela orientação, amizade, empenho, paciência, aprendizagem e pelo exemplo de profissional.

A Pesquisadora Dr. Núbia pelas sugestões e por aceitar o convite a compor a banca avaliadora.

Aos amigos da faculdade Bruno Conceição, Bruno Teixeira e Jhon Kennedy, por todos apoio e companhia durante toda a faculdade.

A equipe de pesquisa do Professor Carmona em particular: Luis Carlos, Bruno, Maíza, Athos, Amanda, Emilly e Isa, pela amizade e colaboração em todos os projetos.

A Faculdade de Agronomia e Veterinária e a Universidade de Brasília pela oportunidade de estar expandido conhecimento e contribuindo para meu crescimento profissional.

**Seletividade de herbicidas em pré e pós-emergência sob semeadura direta
em grão-de-bico irrigado***

*O presente artigo será submetido á **Revista Ciência Rural** do Centro de Ciências Rurais da Universidade de Santa Maria.

Seletividade de herbicidas em pré e pós-emergência em grão-de-bico irrigado, sob semeadura direta

Pre and post-emergence herbicide selectivity under no-tillage in irrigated chickpeas

RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) está entre as principais leguminosas consumidas pelo homem no mundo e o seu cultivo vem ganhando espaço na região dos cerrados brasileiros. E entre os principais entevês está a competição da cultura com plantas daninhas que podem provocar perdas de produtividade de até 95% têm sido relatadas nessa cultura no Brasil em decorrência da interferência de plantas daninhas, devido principalmente à baixa disponibilidade de herbicidas registrados aliada ao crescimento vegetativo inicial lento da cultura, à baixa estatura das plantas e ao fechamento tardio do dossel. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a seletividade de grão-de-bico cultivar BRS Aleppo a herbicidas aplicados em pré- e pós-emergência. Conduziram-se três experimentos em área sob semeadura direta sobre os restos culturais de milho, com irrigação via pivô central, no município de Cristalina, GO, sendo um para testar 13 herbicidas aplicados em pré-emergência e outros dois visando testar 9 herbicidas pulverizados em pós-emergência (precoce e normal), além das testemunhas para cada experimentos. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos ao acaso, sendo avaliada a fitotoxicidade, a densidade populacional e a produtividade da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por meio do Teste de Tukey ($p < 0.05$). Foram realizadas também as análises de correlação de Pearson e multivariada de agrupamento e componentes principais. Em pré-emergência, a cultura de grão-de-bico apresentou seletividades a com as respectivas doses (gramas L^{-1} ($ia^{-1}ha$)) aos herbicidas flumioxazina (52,5), piroxasulfona (100), s-metolachlor (1680), clomazone (500), sulfentrazone (400), trifluralina (2100), metribuzin (420), pendimentalina (700) e diuron (900) e, em pós-emergência (precoce ou normal), aos herbicidas flumiclorac (50), bentazon (600),

lactofen (168), imazetapir (106) e fomesafen (250). Por outro lado, não apresentou seletividade em pré-emergência aos herbicidas imazetapir (106), prometrina (875), flumetsulam (120) e diclosulam (30,24 gramas⁻¹kg) e, em pós-emergência (precoce ou normal), aos herbicidas cloransulan (30,24 gramas⁻¹kg), clorimuron (17,5), pyriothiobac (91) e trifloxissulfuron (7,5 gramas⁻¹kg).

PALAVRAS-CHAVE: *Cicer arietinum* L., matologia, plantas daninhas, tolerância a herbicidas.

ABSTRACT

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is among the main legumes consumed by man in the world and its cultivation has been gaining ground in the Brazilian cerrado region. However, yield losses of up to 95% have been reported in this crop in Brazil as a result of weed interference, mainly due to low availability of registered herbicides combined with the slow initial vegetative plant growth, low plant height and the late closure of the crop canopy. The objective of the present work was to evaluate the selectivity of chickpeas cultivar BRS Aleppo to herbicides applied in pre-emergence and post-emergence. Three randomized block design trials were carried out under no-tillage system on maize crop residues, with irrigation via central pivot, in the Cristalina-GO region, one to test 14 pre-emergence herbicides and the other two to test 10 post-emergence herbicides (early and normal). The evaluated parameters in chickpea included phytotoxicity, population density and crop productivity. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the means compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Pearson's correlation and multivariate analysis of clustering and principal components were also performed. The chickpea crop showed selectivity in pre-emergence to the herbicides flumioxazin, pyroxasulfone, S-metolachlor, clomazone, sulfentrazone, trifluralin, metribuzin, pendimetalin and diuron and in post-emergence (early or normal) to the herbicides flumiclorac, bentazon, lactofen, imazethapyr and fomesafen. On the other hand, it did not show selectivity in pre-emergence to the herbicides imazethapyr, promethrin, flumetsulam and diclosulam and in post-

emergence (early or normal) to the herbicides cloransulan, clorimuron, pyriithiobac and trifloxysulfuron.

KEYWORDS: Herbicide; Selectivity; chickpea; *Cicer arietinum L.* post-emergence; pre-emergence. *Cicer arietinum L.*, herbicide tolerance, weeds.

INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa fonte essencial de proteínas e carboidratos cultivada e consumida em todo o mundo, principalmente nos países afro-asiáticos (JUKANTI et al, 2012). Adapta-se bem em regiões com temperaturas mais amenas e clima mais seco, características prevalentes no planalto central brasileiro na segunda ou terceira safra, o que torna a região uma excelente opção para o cultivo dessa espécie (ARTIAGA, 2015; NASCIMENTO et al, 2016). No Brasil, a produção dessa leguminosa ainda é insuficiente para atender a demanda interna, dessa maneira, mais de 90% do grão-de-bico importado provem da Argentina e do México (COMEX STAT, 2021).

Entre os principais entraves a produção dessa cultura no Brasil, a competição com plantas daninhas podem reduzir a produtividade de 30 a 95% com as principais cultivares de grão-de-bico em decorrência da interferência de plantas daninhas (AMARAL et al, 2015; DEWANGAN et al., 2016; TEIXEIRA et al, 2017). A integração de diversos métodos de manejo pode diminuir a interferência negativa das plantas daninhas na cultura do grão-de-bico (YENISH, 2007). Mas o uso de herbicidas ainda é ferramenta essencial para produção dessa cultura (CHATURVEDI et al., 2014). A insuficiente disponibilidade de herbicidas registrados, aliada ao crescimento vegetativo inicial lento, a baixa estatura e ao fechamento tardio do dossel, intensificam os problemas com plantas daninhas, constituindo importantes limitações para a expansão dessa cultura no Brasil (YESNISH, 2007; DEWANGAN et al., 2016).

Os herbicidas pré-emergentes, aplicados ao solo antes da emergência das plantas daninhas e logo após a semeadura (LORENZI, 2014), têm sido usados em consórcio com os pós-emergentes para que a planta tenha vantagens competitivas. O uso desses herbicidas constitui ferramenta bastante útil para o controle de plantas daninhas em espécies como o grão-de-bico (OSIPE et al, 2014). Além disso, o efeito residual de muitos pré-emergentes é fundamental para dar vantagem competitiva à cultura até o fechamento do dossel. Porém, para melhor eficácia dos pré-emergentes, é necessária a disponibilidade de água no solo, para que ocorra a germinação ou o crescimento radicular (OLIVEIRA et al, 2011).

A seletividade de herbicidas para a cultura é afetada por complexas interações entre a planta, o herbicida e o ambiente, por características do herbicida ou do método de aplicação e por fatores ligados às características das plantas e ao uso de protetores ou *safeners* (substâncias químicas que protegem a planta) (OLIVEIRA et al, 2011). Trabalhos para aferir a seletividade de herbicidas em grão-de-bico indicam a possibilidade de uso de herbicidas de alguns mecanismos de ação, como: inibidor da divisão celular, inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) do grupo químico das triazolinonas e inibidor do arranjo dos microtúbulos. Por outro lado, os herbicidas clomazone, diclosulam, metribuzin, trifluralin e flumioxazina não apresentaram seletividade para essa cultura (ARAÚJO, 2017). O efeito de genótipos ficou evidente na tolerância de grão-de-bico a herbicidas como metribuzin e imazetapir (GAUR et al, 2013).

Além dos herbicidas aplicados em pré-emergência, o controle da comunidade infestante com herbicidas pós-emergentes tem se mostrado uma ferramenta muito importante. Em razão da absorção essencialmente foliar desses herbicidas, a idade da cultura e da comunidade infestante afeta a eficácia dos herbicidas nas plantas daninhas e a seletividade à cultura (OLIVEIRA et al., 2011). O grão-de-bico apresentou seletividade para alguns herbicidas pós-emergentes inibidores de PROTOX, mas não para alguns inibidores de ALS e do fotossistema

II (ARAÚJO, 2017). Em razão da sensibilidade do grão-de-bico a herbicidas para controle de espécies de folhas largas em geral, essa cultura geralmente tolera melhor aplicações no solo em pré-emergência do que em pós-emergência (SOLTERO-DÍAZ et al., 2010). O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a seletividade (tolerância) de grão-de-bico irrigado a herbicidas aplicados em pré-emergência e em pós-emergência (precoce e normal), sob semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com grão-de-bico cultivar BRS Aleppo no período de safrinha (18/03 a 06

/08) no ano de 2021, na Fazenda Agropecuária Garbanzo, município de Cristalina, GO, latitude -16.1727522° Sul, longitude -47.4319601° Oeste e altitude de 941 m, em área originalmente de bioma Cerrado. O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho-amarelo distrófico.

Conduziram-se três experimentos em área sob semeadura direta sobre os restos culturais de milho, com irrigação via pivô central: aplicação de herbicidas em pré-emergência (primeiro), aplicação em pós-emergência precoce (segundo) e em pós-emergências normal (terceiro). A semeadura foi realizada com semeadora John Deere com oito linhas espaçadas de 50 cm, com densidade, adubação e controle de pragas recomendados para a cultura. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos ao acaso (DBC), sendo os tratamentos (herbicidas) testados em parcelas. A área total das parcelas, demarcadas com estacas, foi de 3,0 m x 6,5 m ($19,5 \text{ m}^2$) e a área útil para as avaliações de 2,0 m x 5,0 m ($10,0 \text{ m}^2$).

Os herbicidas testados são registrados no Brasil para as culturas da soja, do algodão ou do feijão e foram aplicados na maior dose recomendada na bula do produto comercial. As aplicações foram realizadas entre 8:00 e 10:00 horas, sob temperatura de 20 a 25°C , umidade relativa do ar de 60 a 70%, velocidade do vento de $1,2 \text{ km h}^{-1}$ a $6,0 \text{ km h}^{-1}$, em área irrigada no

dia anterior à aplicação. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado mediante CO₂, em pressão constante de 2,5 bares, contendo quatro pontas de pulverização tipo leque (XR 110015) na barra, espaçadas de 50 cm, calibrado na vazão de 150 L ha⁻¹. As parcelas foram mantidas limpas de plantas daninhas até o final do ciclo da cultura, mediante capinas e mondas frequentes.

Herbicidas pré-emergentes

O experimento dos herbicidas residuais (Tabela 1), os quais foram aplicados um dia após a semeadura da cultura, foi conduzido com seis repetições. Avaliou-se a densidade de plantas (número de plantas por área) de grão-de-bico aos 29 dias após a semeadura e a produtividade da cultura. A fitointoxicação ocasionada pelos dos herbicidas no grão-de-bico foi avaliada aos 12, 19, 26 e 33 dias após a aplicação, com o auxílio de escala, em porcentagem de danos visuais, em que zero indica ausência de sintomas e 100 a morte.

Os herbicidas aplicados em pré-emergência com as respectivas doses (gramas L⁻¹ (ia⁻¹ha)) foram: clomazone (500); diclosulam (30,24 gramas⁻¹kg); flumetsulam (120); flumioxazina (52,5); imazetapir (106); diuron (900); prometrina (875); s-metolachlor (1680); sulfentrazone (400); metribuzin (420); piroxasulfona (100); pendimentalina (700) e trifluralina (2100).

A produtividade foi determinada mediante o arranquio manual das plantas na área útil das parcelas, seguida de trilha em trilhadeira estacionária e pesagem em balança com uma casa decimal, sendo os resultados expressos em kg ha⁻¹.

Herbicidas pós-emergentes precoces e normais

Os herbicidas testados em pós-emergência precoce e normal foram aplicados em dois ensaios, aos 12 e aos 19 dias após a semeadura, o que corresponde as fase fenológicas V3 e V4 respectivamente (CARVALHO et al., 2021). Trata-se de produtos comerciais registrados para

outras culturas no Brasil, para o controle essencialmente de espécies de eudicotiledôneas. Os experimentos com os herbicidas pós-emergentes foram conduzidos com quatro repetições.

Os herbicidas testados em pós-emergência (precoce e normal) com as respectivas doses (gramas L^{-1} ($ia^{-1}ha$)) foram: bentazon¹ (600); clorimuron (17,5); cloransulam² (30,24 gramas⁻¹kg); fomesafen² (250); imazetapir (106); lactofen (168); pyriithiobac (91); trifloxissulfuron² (7,5 gramas⁻¹kg) e flumiclorac² (50) em que, 1 = adição de óleo mineral Assist 1,0 L ha⁻¹; 2 = adição de Agral 0,2% v/v.

Para alguns tratamentos houve adição de adjuvante, o herbicida flumiclorac-pentyl foi adicionado Assist a 0,2%, já para o trifloxissulfurom-sódico e fomesafen foi acrescentado de Agral a 0,2%.

As avaliações de fitointoxicação na cultura de grão-de-bico ocorreram aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) em ambos ensaios com os pós-emergentes e também aos 35 DAA para o ensaio de pós-emergência precoce. Utilizou-se também escala visual, em porcentagem de danos visuais à cultura, em que zero indica ausência de sintomas e 100 a morte.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e verificada normalidade e homocedasticidade. Os dados que não apresentaram normalidade (notas de fitointoxicação e produtividade) foram transformados pela fórmula $\sqrt{(x+1)}$ e as médias comparadas por meio do Teste de Tukey ($p < 0.05$). Foram realizadas também as análises de correlação de Pearson e multivariada de agrupamento e componentes principais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pré-emergentes

Herbicida	Dose	Fitointoxicação (%)				População (mil plantas ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Classificação
		Dias após a aplicação						
		12	19	26	33			
Testemunha	-	0 a	0 a	0 a	0 a	206 a	1.240 ab	
Flumioxazina	500	2 a	8 a	11 ab	10 a	192 a	1.947 a	
Piroxasulfona	100	1 a	4 a	8 ab	9 a	208 a	1.867 a	
S-metolachlor	1.680	2 a	2 a	4 a	8 a	208 a	1.840 a	
Clomazone	500	7 b	6 a	9 ab	14 ab	196 a	1.840 a	Tolerante
Sulfentrazone	400	2 a	6 a	9 ab	10 a	200 a	1.693 a	
Trifluralina	2.100	1 a	3 a	8 ab	8 a	160 a	1.600 ab	
Metribuzin	418	1 a	2 a	3 a	5 a	202 a	1.467 ab	
Pendimetalina	700	2 a	4 a	6 a	4 a	200 a	1.400 ab	
Diuron	900	2 a	13 ab	21 b	18 ab	180 a	1.267 ab	
Imazetapir	106	1 a	4 a	8 ab	8 a	196 a	1.013 bc	Medianamente
Prometrina	825	2 a	5 a	11 ab	20 ab	200 a	973 bc	Tolerante
Flumetsulam	500	2 a	31 bc	53 c	53 bc	202 a	453 cd	Suscetível
Diclosulam	36	3 a	38 c	58 c	66 c	154 a	333 d	
Média Geral	-	2	9,2	15	17	194	1.347	-
CV (%)	-	18,49	30	20	32,6	8,29	6,3	-
F (trat)	-	5,95**	10,72**	26,07**	9,19**	1,47 ^{NS}	0,72 ^{NS}	-
DMS (%)	-	0,81	2,23	1,92	3,17	2,06	0,18	-

A população de plantas de grão-de-bico não foi afetada significativamente pelos herbicidas testados em pré-emergência, entretanto alguns deles provocaram severos sintomas de fitointoxicação e reduziram a produtividade da cultura (Tabela 3).

Tabela 3. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo, sob semeadura direta. Cristalina - GO, 2021.

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). Em que: ** significativo ($p < 0.05$), NS não significativo.

De acordo com os resultados do Teste de Tukey (Tabela 3) e da análise multivariada relativamente à produtividade de grão-de-bico (Tabela 4 e Figura 1), os herbicidas residuais foram agrupados em três categorias, relativamente à reação da cultura ao herbicida: tolerante, medianamente tolerante e suscetível (LORENZI, 2014). Os herbicidas classificados no grupo tolerante apresentaram baixa fitotoxicidade e não afetaram a produtividade da cultura. O grupo medianamente tolerante abrange os herbicidas que provocaram poucos sintomas de fitointoxicação, mas reduziram a produtividade do grão-de-bico. No grupo suscetível, os

herbicidas provocaram severos danos visuais e reduziram drasticamente a produtividade da cultura.

O gráfico biplot (Figura 1) e a correlação das variáveis com cada componente principal (Tabela 4) mostram a formação dos vetores de cada variável, o que assinala a respectiva representatividade de acordo com cada componente principal. As variáveis população, produtividade e fitointoxicação aos 19, 26 e 33 DAA estão vinculadas majoritariamente ao componente principal 1, enquanto a fitointoxicação aos 12 DAA está ligada ao componente principal 2. As variáveis fitointoxicação aos 19, 26 e 33 DAA apresentaram correlação positiva, mas as variáveis população e produtividade apresentaram correlação negativa. A fitointoxicação aos 12 dias apresentou correlação negativa com o componente principal 2.

Tabela 4. Correlação entre as variáveis e cada componente principal e variabilidade dos dados de fitointoxicação, produtividade e população em função dos herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo.

Variáveis	Componente Principal	
	1	2
Fitointoxicação (Dias)	12	0,256
	19	0,981
	26	0,975
	33	0,975
População	-0,755	0,181
Produtividade	-0,798	-0,419
Autovalores	4,136	1,087
Variância total (%)	68,93	18,12
Variância acumulada (%)	87,05	

O gráfico biplot (Figura 1) mostra a formação de 3 grupos de herbicidas pré-emergentes quanto à seletividade do grão-de-bico. O grupo 1, constituído apenas pelo herbicida clomazone, ocorreu em razão da elevada fitointoxicação inicial (12 DAA) ocasionada por esse herbicida, seguida de recuperação das plantas, o que resultou em elevada produtividade da cultura. O grupo 2 reúne os herbicidas classificados como tolerantes e mediamente tolerantes e o grupo 3 como suscetíveis, quanto à resposta do grão-de-bico aos herbicidas.

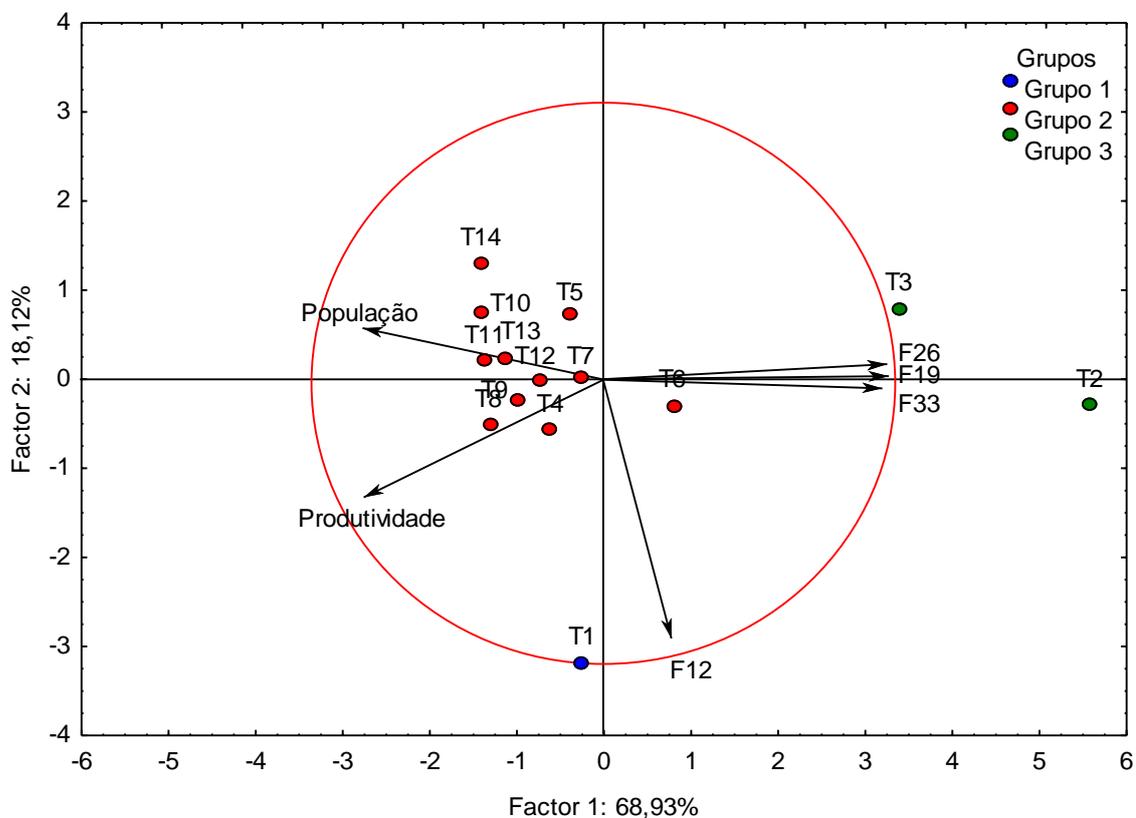


Figura 1. Gráfico biplot com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (1 e 2) obtidos a partir da avaliação da fitointoxicação (F) aos 12, 19, 26 e 33 dias após a aplicação, população e produtividade de grãos, em quatorze tratamentos (herbicidas e testemunha) aplicados em pré-emergência na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo. Em que: T1 = clomazone; T2 = diclosulam; T3 = flumetsulam; T4 = flumioxazina; T5 = imazetapir; T6 = diuron; T7 = prometrina; T8 = S-metolachlor; T9 = sulfentrazone; T10 = metribuzin; T11 = piroxasulfona; T12 = pendimetalina; T13 = trifluralina e T14 = testemunha.

O grupo 3 engloba os herbicidas diclosulam e flumetsulam, do grupo químico das triazolopirimidinas (inibidores da acetolactato sintase - ALS), para os quais o grão-de-bico não apresentou seletividade, em razão da elevada fitointoxicação e da baixa produtividade (Tabela 3). A elevada fitointoxicação do diclosulam para o grão-de-bico também foi observada por Araújo (2017). A seletividade de culturas a herbicidas desse grupo está relacionada ao tempo

de absorção e de translocação e à taxa de metabolismo da planta por meio de reações metabólicas, sendo as mais comuns a hidroxilação do anel aromático-alifática, a dealquilação, a desesterificação e a conjugação (OLIVEIRA et al., 2011; HARTWING et al, 2008). A seletividade da soja ao flumetsulam ocorre devido à lenta absorção e baixa translocação, o que permite que o herbicida seja metabolizado e não provoque danos expressivos na planta. A hidroxilação seguida de conjugação com glicose e/ou conjugação com homoglutationa é a mais provável causa de seletividade da soja ao diclosulam (LEITE et al, 2000).

A prometrina também provocou fitointoxicação nas plantas de grão-de-bico, especialmente aos 33 DAA, o que resultou em redução de produtividade

Os herbicidas flumioxazina, imazetapir, diuron, prometrina, s-metolachlor, sulfentrazone, metribuzin, piroxasulfona, pendimentalina e trifluralina causaram as menores notas de fitointoxicação e resultaram nas maiores produtividades, à exceção do diuron, que resultou em leve fitointoxicação no grão-de-bico cultivar BRS Aleppo (Tabela 3). Outros estudos confirmam a tolerância de grão-de-bico a herbicidas do grupo das imidazolinonas, como o imazetapir, entretanto essa tolerância é afetada pelo genótipo (GAUR et al, 2013; THOMPSON & TARAN, 2014). S-metolachlor e pendimentalina também foram seletivos para grão-de-bico, mas o s-metolachlor na dose de 2,0 kg ha⁻¹ foi mais eficiente no controle de plantas daninhas (MERGA & ALEMU, 2019).

Observou-se alta correlação positiva entre as épocas de avaliação de fitointoxicação (Figura 2), o que denota baixa recuperação da cultura no decorrer das avaliações, após a aplicação dos herbicidas. Uma correlação negativa intermediária foi observada entre as notas de fitointoxicação provocados pelos herbicidas e a produtividade em grão-de-bico, a partir dos 19 DAA (Figura 2).

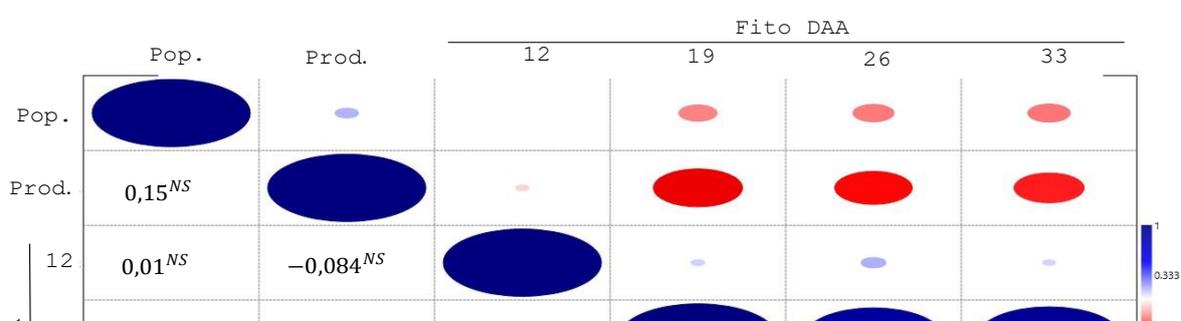


Figura 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: produtividade (Prod.), população (Pop.) e fitotoxicidade (Fito) aos 12, 19, 28 e 33 dias após a aplicação (DAA), em função de herbicidas pré-emergentes na cultura de grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo, sob semeadura direta.

** Significativo ($p < 0.01$); * significativo ($p < 0.05$); NS não significativo.

Pós-emergentes

Os herbicidas aplicados em pós-emergência precoce (12 dias após a semeadura) ou normal (19 dias após a semeadura) acarretaram em diferentes notas de fitointoxicação na cultura de grão-de-bico, com reflexo na produtividade e na densidade populacional da cultura para alguns tratamentos (Tabelas 5 e 6), com alta correlação negativa entre esses parâmetros (Figura 3). De maneira geral, as maiores produtividades de grão-de-bico foram observadas após as aplicações de herbicidas em pós-emergência normal em relação à pós-emergência precoce (Tabelas 5 e 6). Isso se deve à maior sensibilidade de plantas mais jovens à ação de herbicidas (OLIVEIRA et al., 2011), fenômeno observado em diversas culturas (DAN et al, 2010; PETTER et al., 2011).

A análise univariada (Tabelas 5 e 6), a análise multivariada (Tabelas 7 e 8) e o gráfico biplot (Figuras 3 e 4) ressaltaram a formação de dois grupos de herbicidas pós-emergentes relativamente à seletividade em grão-de-bico, o 1 constituído pelos herbicidas em relação aos quais o grão-de-bico apresentou tolerância e o 2 para os quais o grão-de-bico foi suscetível.

Tabela 5. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência precoce, aos 12 dias após a semeadura, à cultura de grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo, sob semeadura direta. Cristalina - GO, 2021.

Herbicida	Dose ia/ha	Fitotoxicidade (%)				Plantas. ha ⁻¹ (milhares)	Produtividade média (Kg.ha ⁻¹)	Classificação
		Dias após aplicação						
		7	14	28	35			
Testemunha	-	0 a	0 a	0 a	0 a	180 a	1.560 a	Tolerante
Bentazon	600	19 a	25 bc	15 b	18 b	190 a	1.347 a	
Fomesafen*	250	4 a	18 b	11 ab	11 b	173 a	1.067 a	
Flumiclorac*	50	23 a	29 bc	23 b	23 b	143 a	1.013 a	
Lactofen	168	15 a	19 b	16 b	16 b	177 a	960 a	
Imazetapir	106	15 a	16 b	12 b	12 b	160 a	720 a	
Trifloxissulfuron*	10	79 b	95 d	99 c	100 c	3 c	93 b	Suscetível
Cloransulan	36	19 a	42 c	83 c	83 c	123 a	40 b	
Clorimuron	70	65 b	80 d	96 c	96 c	33 b	13 b	
Pyrithiobac	91	66 b	88 d	97 c	97 c	26 b	0 b	
Média Geral	-	31	41	45	45	120	680	
CV (%)	-	23,80	15,31	15,51	14,83	11,41	9,18	
F (trat)	-	16,17**	9,61**	54,83**	58,37**	50,42**	10,68**	
DMS (%)	-	2,99	2,18	2,23	2,15	1,58	0,27	

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Em que: **significativo ($p < 0.05$), NS não significativo, *adicionado de adjuvante.

Tabela 6. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência normal aos 19 dias após a semeadura cultura de grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo, sob semeadura direta. Cristalina - GO, 2021.

Herbicida	Dose ia ha ⁻¹	Fitotoxicidade (%)			Plantas.ha ⁻¹ (milhares)	Produtividade média (Kg ha ⁻¹)	Classificação
		DAA					
		7	14	28			
Testemunha		0 a	0 a	0 a	176 a	1.600 a	Tolerante
Flumiclorac*	50	19 b	5 ab	1 a	183 a	1.973 a	
Bentazon	600	19 b	19 c	9 b	176 a	1.773 a	
Lactofen	168	28 b	15 c	8 b	183 a	1.733 a	
Imazetapir	106	18 b	11 bc	9 b	187 a	1.333 a	
Fomesafen *	250	21 b	11 bc	11 b	190 a	1.307 a	
Cloransulan	36	23 b	79 d	85 c	176 a	93 b	Suscetível
Clorimuron	70	25 b	91 d	94 c	163 a	40 b	
Pyriithiobac	91	20 b	90 d	92 c	183 a	13 b	
Trifloxissulfuron*	10	30 b	96 d	99 c	167 a	0 b	
Média Geral	-	20	42	40	180	987	
CV (%)	-	9,87	9,32	9,90	4,67	7,37	
F (trat)	-	17,39**	168,51**	202,74**	1,07 NS	26,81**	
DMS (%)	-	1,48	1,28	1,29	0,83	0,23	

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).
Em que: ** significativo ($p < 0.05$), NS não significativo, *adicionado adjuvante.

A fitointoxicação correlacionou positivamente com o componente principal 1, enquanto a população de plantas e a produtividade correlacionaram negativamente com esse componente; assim ambas são consideradas discriminatórias (Tabelas 7 e 8). Essa discriminação é ponderada quando os respectivos componentes principais atingem valores positivos superiores a 0,6 e negativos inferiores a -0,6. Por outro lado, somente a fitointoxicação apresentou correlação com o componente principal 2 (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Correlação entre fitointoxicação, produtividade e população de plantas e os componentes principais, em decorrência dos herbicidas aplicados em pós-emergência precoce (12 dias após a semeadura) na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo.

	Variáveis	Componente Principal	
		1	2
Fitointoxicação (Dias)	7	0,926	-0,245
	14	0,969	-0,185
	28	0,984	-0,050
	35	0,983	-0,630
	População	-0,800	-0,574
	Produtividade	-0,940	-0,061
Autovalores		5,259	0,435
Variância total (%)		87,67	7,25

Tabela 8. Correlação entre fitointoxicação, produtividade e população de plantas e os componentes principais, em decorrência dos herbicidas aplicados em pós-emergência normal (19 dias após a semeadura) na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo.

	Variáveis	Componente Principal	
		1	2
Fitointoxicação (dias)	07	0,589	0,713
	14	0,987	-0,002
	28	0,983	-0,026
	População	-0,649	0,534
	Produtividade	-0,947	0,048
Autovalores		3,610	1,087
Variância total (%)		72,21	15,94
Variância acumulada (%)		88,15	

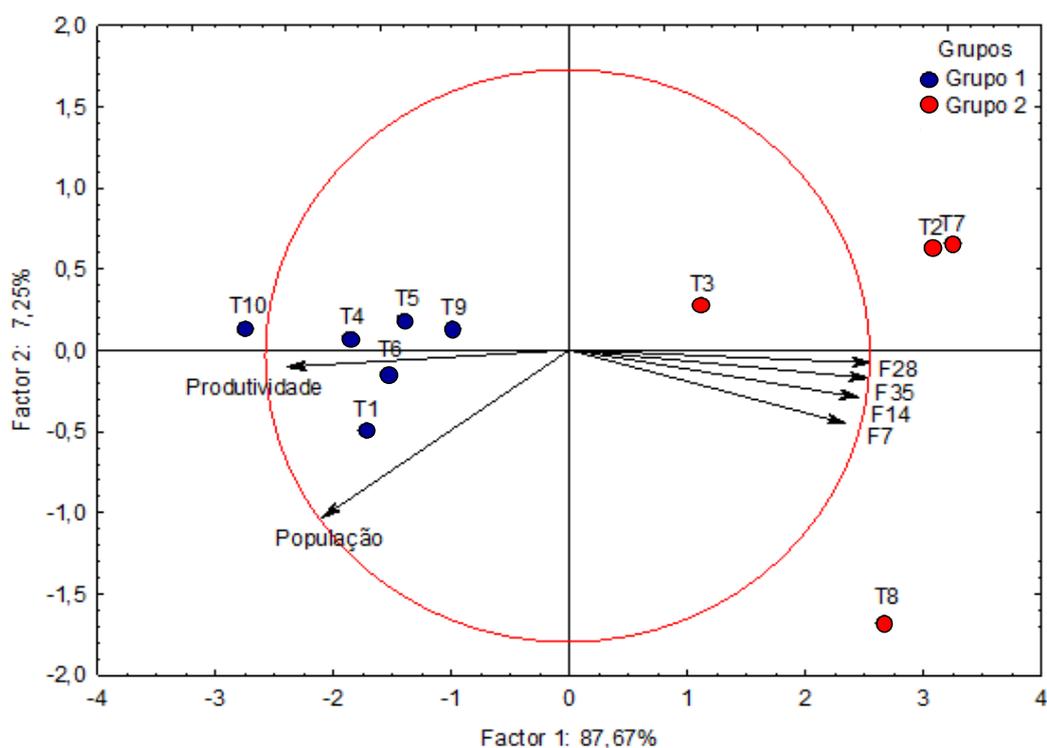


Figura 3. Gráfico biplot com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (1 e 2) obtidos a partir da avaliação de fitointoxicação (F: 7, 14 e 28 dias após a aplicação), população e produtividade em função de herbicidas aplicados em pós-emergência precoce na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo. Em que: T1 = bentazon; T2 = clorimuron; T3 = cloransulam; T4 = fomesafen; T5 = imazetapir; T6 = lactofen; T7 = pyriithiobac; T8 = trifloxissulfuron; T9 = flumiclorac; T10 = testemunha.

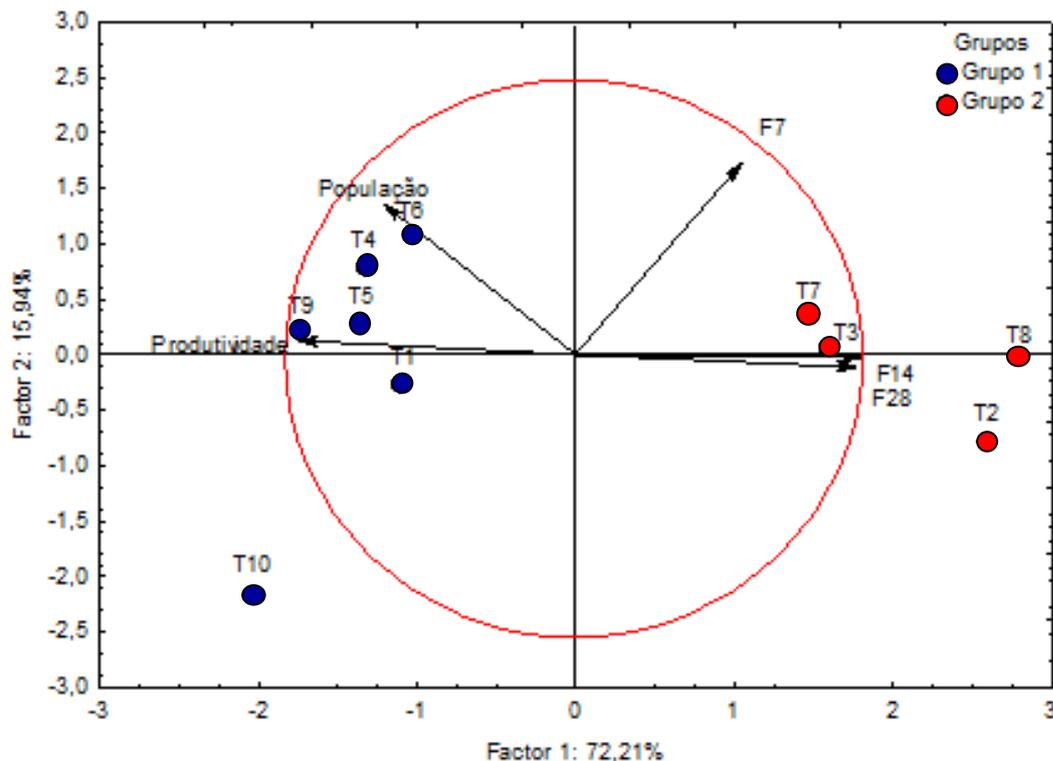


Figura 4. Gráfico biplot com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (1 e 2) obtidos a partir da avaliação fitotoxicidade (F: 7, 14,28 e 35 dias após a aplicação), população e produtividade em função de herbicidas aplicados em pós-emergência normal na cultura do grão-de-bico, cultivar BRS Aleppo. Em que: T1 = bentazon; T2 = clorimuron; T3 = cloransulam; T4 = fomesafen; T5 = imazetapir; T6 = lactofen; T7 = pyriithiobac; T8 = trifloxissulfuron; T9 = flumiclorac; T10 = testemunha.

Os herbicidas clorimuron, cloransulan, pyriithiobac e trifloxissulfuron foram os mais prejudiciais (maiores notas de fitointoxicação), provocando inclusive aumento na mortalidade das plantas de grão-de-bico, o que reduziu a produtividade da cultura (Tabelas 5 e 6, Figuras 3 e 4). Esses herbicidas pertencem ao grupo dos inibidores da acetolactato sintase (ALS). A seletividade aos herbicidas se deve principalmente à rápida conversão da molécula em compostos inativos (OLIVEIRA et al, 2011). A baixa tolerância de grão-de-bico a herbicidas inibidores da ALS, observada tanto em aplicações em pré-emergência (Tabela 3) como em pós-emergência (Tabelas 5 e 6), denota uma possível taxa de metabolização (detoxificação) reduzida dessas moléculas pelas plantas dessa cultura.

Os herbicidas bentazon, fomesafen, imazetapir, lactofen e flumiclorac geraram as maiores produtividades de grão-de-bico, não diferindo da testemunha (Tabelas 5 e 6, Figuras 3 e 4). Portanto, a reação da cultura aos mesmos foi considerada como tolerante. Entretanto, a cultura apresentou sintomas de fitointoxicação a alguns desses herbicidas, especialmente na primeira avaliação (7 DAA), mas as plantas se recuperaram com o decorrer do tempo, corroborando resultados obtidos com fomesafen, lactofen ou outros herbicidas em leguminosas (SOUZA et al., 2002; GALLON et al., 2016; ARAÚJO et al., 2019). Também foram observados sintomas de fitotoxicidade nas plantas de grão-de-bico em decorrência da aplicação dos herbicidas flumiclorac e bentazon, mas também, nesse caso, houve recuperação e a produtividade não foi afetada. O imazetapir também gerou sintomas de fitointoxicação em algumas cultivares de grão-de-bico em outros estudos, caracterizados pelo amarelecimento nas plantas e atraso na floração e na formação de vagens (GAUR et al., 2013; CHATURVEDI et al., 2014; ZARGAR et al., 2020).

A fitointoxicação correlacionou negativamente com a produtividade da cultura e essa correlação foi mais intensa com o passar do tempo (Figuras 5 e 6) tanto em pós-emergência precoce como normal. A correlação negativa entre fitointoxicação e população de plantas foi bastante evidente na pós-emergência precoce (Figura 5), mas pouco evidente na pós-emergência normal (Figura 6), ressaltando a maior sensibilidade aos herbicidas das plantas mais jovens de grão-de-bico, o que afetou a taxa de mortalidade destas. Há relato que a sensibilidade das plantas de grão-de-bico é maior para herbicidas aplicados em pós-emergência do que em pré-emergência (SOLTERO-DÍAZ et al., 2010), o que coincidiu com os resultados obtidos no presente estudo.

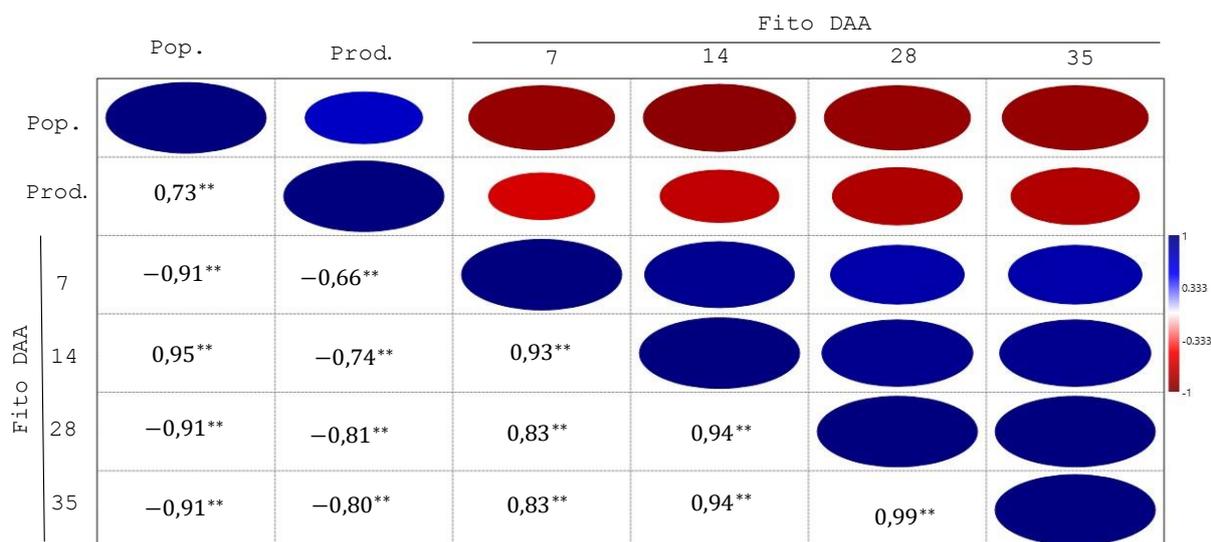


Figura 5. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: produtividade (Prod.); População (Pop.); e fitointoxicação (Fito) aos 12, 19, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência precoce em grão-de-bico, sob semeadura direta.

** Significativo ($p < 0.01$); * significativo ($p < 0.05$).

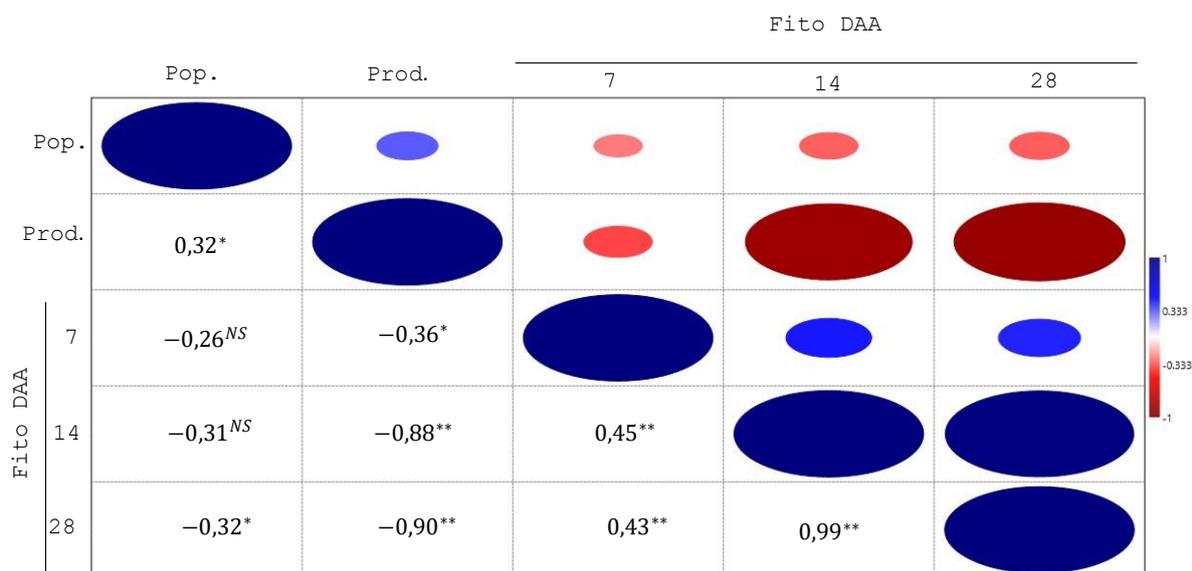


Figura 6. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: produtividade (Prod.); População (Pop.); e fitointoxicação (Fito) aos 12, 19, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência normal em grão-de-bico, sob semeadura direta.

** Significativo ($p < 0.01$); * significativo ($p < 0.05$).

CONCLUSÕES

- A cultura de grão-de-bico cultivar BRS Aleppo, sob semeadura direta, apresentou seletividade (tolerância) aos seguintes herbicidas (nas doses testadas recomendadas):

a) pré-emergentes: flumioxazina, piroxasulfona, S-metolachlor, clomazone, sulfentrazone, trifluralina, metribuzin, pendimentalina e diuron.

b) pós-emergentes (precoce ou normal): flumiclorac, bentazon, lactofen, imazetapir e fomesafen.

-Da mesma forma,a cultura não apresentou seletividade (tolerância) aos herbicidas a seguir:

a) pré-emergentes: imazetapir, prometrina, flumetsulam e diclosulam.

b) pós-emergentes (precoce ou normal): cloransulan, clorimuron, pyriithiobac e trifloxisulfuron.

REFERENCIAS

AMARAL, C. L. et al. Interference relationships between chick-peas crop and weeds. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 37-46, 2015. Available from:<<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153033200>>. Accessed: June. 07, 2023. doi: 10.14393/BJ-v31n1a2015-17971

ARAÚJO, L. S. et al. Selectivity of post-emergence herbicides for the chickpea. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 179, 2019. Available from:<<https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p179>>. Accessed: june. 06, 2023 doi: 10.5539.

ARAÚJO, L. S. **Seletividade de herbicidas para a cultura do grão-de-bico**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO.

ARTIAGA, O. P. et al. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira de ciências agrarias**, v. 10, n. 1, p. 102-109, 2015. Available from:<<http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v10i1a5129>> Accessed: June. 05,2023. doi:10.5039/agraria.v10i1a5129.

CHATURVEDI, S. K. et al. Genetic variations for herbicide tolerance (Imazethapyr) in chickpea (*Cicer arietinum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v. 84, n. 8, p. 968-970, 2014. Available from:<<http://oar.icrisat.org/id/eprint/8285>>. Accessed: Jul. 06, 2023. doi: .

COMEX STAT- EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO GERAL - Disponível em: < <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/21578>>. Acesso em: 17/04/2021.

DAN, H. A. et al. Seletividade do atrazine à cultura do milho (Pennisetum glaucum). **Planta daninha**, v. 28, p. 1117-1124, 2010. Available from:< <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500019>>. Accessed: June. 06, 2023. doi:10.1590/S0100-83582010000500019.

DEWANGAN, M. et al. Influence of Herbicides on Phytotoxicity and Soil Dehydrogenase Enzyme Activity in Chickpea (Cicer arietinum L.). **Int. j. bio-resour. stress manag**, v. 7, n. 4, p. 533-538, 2016. Available from:< https://www.pphouse.org/upload_article/5_ARISE_14_Dewangan_et_al.pdf >. Accessed: June. 07, 2023 doi: 10.5958/0976-4038.2016.00084.1.

GALLON, M. et al. Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 232-240, 2016. Available from: <<https://doi.org/10.7824/rbh.v15i3.471>>. Accessed: Jul. 06, 2023. doi: 10.7824/rbh.v15i3.471.

GAUR, P. M. et al. Large genetic variability in chickpea for tolerance to herbicides Imazetapir and metribuzin. **Agronomy**, v. 3, n. 3, p. 524-536, 2013. Available from:< <https://www.mdpi.com/2073-4395/3/3/524>>. Accessed: June. 06, 2023. doi: 10.3390/agronomy3030524.

HARTWING, I. et al. Tolerância de trigo (Triticum aestivum) e aveia (Avena sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Planta Daninha**, v. 26, p. 361-368, 2008. Available from:< <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000200012>> Accessed: June. 06, 2023. doi: 10.1590/S0100-83582008000200012

JUKANTI, A. K. et al. Nutritional quality and health benefits of chickpea (Cicer arietinum L.): a review. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. S1, p. S11-S26, 2012. Available from:< <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>>. Accessed: June. 06, 2023. doi: 10.1017/S0007114512000797.

LEITE, C. R. F et al. Sensibilidade de cultivares de soja (Glycine max) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Planta Daninha**, v. 18, p. 103-122, 2000. Available from:< <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100011>>. Accessed: Jul. , 2023. doi: 10.1590/S0100-83582000000100011.

LORENZI, Harri. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. Nova Odessa, H. Lorenzi, 2014.

MERGA, B. & ALEMU, N. Integrated weed management in chickpea (Cicer arietinum L.). **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1620152, 2019. Available from:< <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>>. Accessed: June. 06, 2023. doi: 10.1080/23311932.2019.1620152.

NASCIMENTO, W. M. Hortaliças Leguminosas. Grão-de-bico. Ed. NASCIMENTO, WMN, Brasília-EMBRAPA, 2016 232p., 2016.

OLIVEIRA JR, R. S. et al. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

OSIPE, J. B. et al. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014. Available from: Disponível <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18042>> <>. Accessed: June. 06, 2023. doi:.

PETTER, F. A. et al. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 408-414, 2011 < <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.11584> > acesso em 05/06/2023 Available from:<>. Accessed: Jul. , 2023. doi: 10.5216/pat.v41i3.11584.

SOLTERO-DÍAZ, L. et al. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en garbanzo (*Cicer arietinum* l.) de riego en la región Ciénaga de Chapala, México. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 19, n. 2, p. 85-88, 2010. Available from:<http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542010000200015&script=sci_arttext&tlng=en>. Accessed: Jul. 10, 2023. doi: ISSN 2071-0054.

SOUZA, R. T. et al. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura de soja. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 99-106, 2002. Available from:<<https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100015>>. Accessed: June. 06, 2023. doi: 10.1590/S0103-90162002000100015.

TEIXEIRA, M. F. F. et al. Interferência de plantas daninhas na qualidade e produtividade do grão-de-bico. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 69-75, 2017. Available from:<<https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1598>>. Accessed: Jul. 06, 2023. doi: 10.32404/rean.v4i2.1598

THOMPSON, C. & TAR'AN, B. Genetic characterization of the acetohydroxyacid synthase (AHAS) gene responsible for resistance to imidazolinone in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 127, n. 7, p. 1583-1591, 2014. Available from:<<https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-014-2320-0>>. Accessed: Jul. 2023. doi: 10.1007/s00122-014-2320-0.

YENISH, J. P. et al. Weed management in chickpea. Chickpea breeding and management, Cap.11, 2007.p. 233-245, 2007.

ZARGAR, M. et al. Evaluation of PRE and POST Herbicides on Growth Features, Nodulation, and Nitrogen Fixation of Three Cultivars of Chickpea (*Cicer aritinium* L.). **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 157-162, 2020.Available from:<<https://link.springer.com/article/10.1007/s12892-019-0310-0>>. Accessed: June 06, 2023. doi: 10.1007/s12892-019-0310-0.

de CARVALHO, S. I. C., BIANCHETTI, L. D. B., da SILVA, P. P., NASCIMENTO, W., & LUCIANO DE BEM BIANCHETTI, C. (2021). Fenologia do grão-de-bico tipo Kabuli.