

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROPRIEDADES DA CALDA E SELETIVIDADE DE
TRATAMENTOS COM HERBICIDAS PARA FEIJÃO-CAUPI
“BRS PUJANTE”**

Carlos Zacarias Joaquim Júnior

Engenheiro Agrônomo

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROPRIEDADES DA CALDA E SELETIVIDADE DE
TRATAMENTOS COM HERBICIDAS PARA FEIJÃO-CAUPI
“BRS PUJANTE”**

Carlos Zacarias Joaquim Júnior

Orientador: Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

Dissertação apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2022

J62p

Joaquim Júnior, Carlos Zacarias

Propriedades da calda e seletividade de tratamentos com herbicidas para feijão-caupi "BRS Pujante" / Carlos Zacarias Joaquim Júnior. -- Jaboticabal, 2022
45 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

1. Vigna unguiculata. 2. Fitointoxicação. 3. Tolerância. 4. Controle químico. 5. BRS-Pujante. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Bibliote Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Dados fornecidos pelo autor(a).
Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROPRIEDADES DA CALDA E SELETIVIDADE DE TRATAMENTOS COM HERBICIDAS PARA FEIJÃO-CAUPI “BRS PUJANTE”

AUTOR: CARLOS ZACARIAS JOAQUIM JÚNIOR

ORIENTADOR: LEONARDO BIANCO DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEONARDO BIANCO DE CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Prof.Dr. THIAGO CAVALCANTE GOMES RIBEIRO DE ANDRADE (Participação Virtual)
Universidade Federal do Pará - Campus de Altamira / Altamira/PA



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



Jaboticabal, 23 de fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CARLOS ZACARIAS JOAQUIM JÚNIOR – Nasceu em 14 de novembro de 1994, na cidade de Canchungo, região de Cacheu, República da Guiné-Bissau. É Engenheiro Agrônomo, graduado em 2019 pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, em Redenção-CE, Brasil. De 2015 a 2016, durante a graduação, foi bolsista voluntário do programa de extensão denominado Programa Semear Alimentos e Ideias: Colher Saúde e Desenvolvimento, sob a orientação da Profa. Dra. Daniela Queiroz Zuliani. De 2017 a 2019, trabalhou na extensão universitária, pela Unidade de Produção de Mudas Auroras – UPMA e na criação de unidades demonstrativas de períodos de interferência para a capacitação de produtores da região, orientado pelo Prof. Dr. Luís Gustavo Chaves da Silva. Em março de 2020, iniciou o curso de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal-SP, atuando na Seletividade de Herbicidas no Feijão-Caupi BRS-pujante. Também atua no manejo de plantas daninhas. Durante o mestrado, foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, sob orientação do Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho. Foi aprovado no curso de doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Campus de Lages-SC, no início de 2022.

Dedico...

Aos meus pais, Zacarias Joaquim e Teresa Maria Mango,
pelo esforço e apoio incondicional nesta jornada.

Pelos conselhos, orações e por me guiarem
sempre nesta luta árdua.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela presença em minha vida, por ter me dado a força, energia, saúde, a vida e por ter guiado pelos bons caminhos;

À minha falecida mãe Teresa Maria Mango, pelos ensinamentos que hoje me sustentam e pelos conselhos;

Ao meu pai Zacarias Joaquim, a quem admiro muito e que mesmo enfrentando dificuldades não poupou seu esforço e dedicação para contribuir nos meus estudos;

À minha tia Paulina Nhaga, minha base e alicerce, a quem por muitos anos serviu da guarda da minha vida e que construiu o caminho no qual estou caminhando;

Aos meus irmãos Adalmiro, Aduzindo, Altina, Antônio, Avelina, Davide, Eduardo, Elauteria, Elisa, Eurides, Finita, Irineia, Ivandro, Ludimila, Midana, Nazaré e Walter, pela amizade fraternal, companheirismo, pela vossa contribuição em minha vida;

Ao Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho, por ser meu orientador, constituindo-se em um educador e amigo;

À Dra. Yanna Karoline Santos da Costa, pelo incentivo e apoio na execução deste trabalho, pelos pequenos detalhes que fazem diferença. Grato por tudo;

Aos meus parentes/amigos, Milton Sanca, Adalberto Biague, Besna Mané, Braima Djaló, Claiton Dias, Gabriella Carvalho, Inácio João Barbosa, Jorge Lodna, Katiana Rodrigues, Lamine Sanó, Vitória Facco Rampazzo, Marciano Sanca, Sadjo Mané, Venâncio Sanca, Nelito Nhanca N'kali, Ana Maria Sanhá Joaquim;

Ao laboratório de Matologia, NEDTA, LAPDA e UPMA pelos seus integrantes, Karina Petri dos Santos, Klara Silva Castro, Nagilla Moraes Ribeiro, Vitor Simionato Bidóia, Ana Beatriz Dilena Spadoni, pelo apoio dado na condução do experimento; a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

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

Muito obrigado!

Sumário

Resumo	iii
Abstract	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Origem e classificação botânica do feijão-caupi	2
2.2. Características do feijão-caupi.....	3
2.3. Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	4
2.4. BRS-Pujante	5
2.5. Características dos Herbicidas e Mecanismos de Ação.....	5
2.5.1. Bentazone	6
2.5.2. Fomesafen	7
2.5.3. Imazethapyr	8
2.6. Mistura e Estabilidade da Calda dos Herbicidas	9
3. OBJETIVOS.....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1. Estabilidade da Calda (Compatibilidade Físico-Química)	10
4.1.1. Características Físicas	10
4.1.2. Potencial Hidrogeniônico - pH e Condutividade Elétrica	10
4.1.3. Viscosidade da Calda.....	11
4.1.4. Tensão Superficial e Ângulo de Contato	11
4.2. Caracterização da Área Experimental.....	12
4.3. Tratamentos e Delineamento Experimental	13
4.4. Semeadura do Feijão-Caupi	14
4.5. Tecnologia de Aplicação	15
4.6. Atributos Avaliados no Feijão-Caupi	15
4.7. Análise Estatística.....	16

5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6.	CONCLUSÕES.....	36
7.	REFERÊNCIAS	37

Propriedades da calda e seletividade de tratamentos com herbicidas para feijão-caupi “BRS Pujante”

Resumo: O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é sensível à interferência de plantas daninhas. Devido à indisponibilidade de herbicidas seletivos para essa cultura, o controle de plantas daninhas tem sido realizado de forma manual e/ou mecânica. O objetivo foi de avaliar a seletividade dos herbicidas bentazone, fomesafen e imazethapyr isolados e em mistura para o feijão-caupi em uma e duas aplicações. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial de 7x2+1, com uma testemunha, em sete repetições. O primeiro fator correspondeu à aplicação dos herbicidas bentazone; fomesafen; imazethapyr; bentazone + fomesafen; bentazone + imazethapyr; fomesafen + imazethapyr; bentazone + fomesafen + imazethapyr, aplicados em pós-emergência. O segundo fator foi composto por uma e duas aplicações. Foram avaliados a fitointoxicação, altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Também foram avaliados: número total de vagens por planta, comprimento médio da vagem, número médio de grãos por vagem, massa seca média da vagem, massa seca média de grãos por vagem e produtividade estimada no final do experimento. O fomesafen causou severa intoxicação no feijão-caupi. O imazethapyr e bentazone isolados e em mistura causaram menos intoxicação à cultura. Com duas aplicações de herbicidas, houve maior intoxicação no feijão-caupi em comparação a uma aplicação de herbicidas. A mistura de bentazone+fomesafen+imazethapyr mostrou-se seletiva para cultivar do feijão-caupi BRS-pujante, com uma aplicação.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, fitointoxicação, tolerância, controle químico, BRS-pujante.

Spray properties and selectivity of herbicide treatments to cowpea “BRS Pujante”

Abstract: Cowpea (*Vigna unguiculata*) is sensitive to weed interference. Due to the unavailability of selective herbicides for this crop, weed control has been carried out manually and/or mechanically. The objective was to evaluate the selectivity of the herbicides bentazone, fomesafen and imazethapyr alone and in mixtures for cowpea in one and two applications. The experiment was carried out in a randomized block design, in a 7x2+1 factorial scheme, with a control, in seven replications. The first factor corresponded to the application of bentazone herbicides; fomesafen; imazethapyr; bentazone + fomesafen; bentazone + imazethapyr; fomesafen + imazethapyr; bentazone + fomesafen + imazethapyr, applied post-emergence. The second factor was composed of one and two applications. Phytotoxicity, plant height, number of leaves, stem diameter was evaluated at 5, 10, 15, 20 and 35 days after application (DAA) of the treatments. The following were also evaluated: total number of pods per plant, average length of pod, average number of grains per pod, average dry mass of pod, average dry mass of grains per pod and estimated yield at the end of the experiment. Fomesafen caused severe poisoning in cowpea. The imazethapyr and bentazone alone and in mixture caused less intoxication to the culture. With two herbicide applications, there was greater poisoning in cowpea compared to one herbicide application. The mixture of bentazone+fomesafen+imazethapyr proved to be selective for BRS-pujante cowpea cultivar, with one application.

Keywords: *Vigna unguiculata*, phytotoxicity, tolerance, chemical control, BRS-pujante.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e herbicidas utilizados no experimento, UNESP. Jaboticabal/SP, 2021.....	14
Tabela 2. Características físicas como: floculação, grumos, separação de fase, suspensão em óleo, sedimento, cristais, creme e formação de espuma, analisadas em 0, 2, 6 e 24 horas após a preparação das caldas, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.	18
Tabela 3. Caracterização da calda de herbicidas quanto ao pH, na leitura de 0 à 24 horas após o preparo, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	20
Tabela 4. Caracterização da calda de herbicidas quanto a condutividade elétrica, na leitura de 0 à 24 horas após o preparo, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.....	21
Tabela 5. Valores médios da tensão superficial (mNm^{-1}) e do ângulo de contato (θ°) das diferentes caldas herbicidas analisadas no tempo de 60 segundos. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	24
Tabela 6. Fitointoxicação (%) referente a uma (1 AP) e duas (2 AP) aplicações de herbicidas no feijão-caupi, avaliadas aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	28
Tabela 7. Altura da planta referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliadas aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	29
Tabela 8. Número de folhas referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliados aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	31

Tabela 9. Diâmetro do caule referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliados aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021 32

Tabela 10. Número total de vagens por planta (NTVP), comprimento médio da vagem (CMV), número médio de grãos por vagem (NMGV), massa seca média da vagem (MSMV), massa seca média de grãos por vagem (MSMGV) e produtividade estimada (PROD est) em uma (1 AP) e duas (2 AP) aplicações de herbicidas no feijão-caupi. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021..... 34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias de temperatura do ar (°C) e precipitação total (mm), no período de fevereiro a maio de 2021, UNESP. Jaboticabal/SP, 2021	13
Figura 2. Valores médios da viscosidade das caldas de herbicidas avaliados. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAA – Dias após a aplicação
AP – Aplicação
FI – Fitointoxicação
APL – Altura da planta
NF – Número de folhas
DC – Diâmetro do caule
NTVP – Número total de vagens por planta
CMV – Comprimento médio da vagem
NMGV – Número médio de grãos por vagem
MSMV – Massa seca média da vagem
MSMGV – Massa seca média de grãos por vagem
PROD est – Produtividade estimada
MAPA – Ministério da agricultura pecuária e abastecimento
AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitários
CONAB – Companhia nacional de abastecimento
DAP – Dias após o plantio
FAOSTAT – Dados sobre alimentação e agricultura
ADAPAR – Agência de defesa agropecuária do Paraná
ABNT – Associação brasileira de normas técnicas
SBCPD – Sociedade brasileira de ciência de plantas daninhas
Q_A – Plastoquinona A
Q_B – Plastoquinona B
ALS (AHAS) – Acetolactato sintase
PPO (PROTOX) – Protoporfirinogênio oxidase
FSII – Fotossistema II
pH – Potencial hidrogeniônico
HRAC – Comitê de ação a resistência aos herbicidas
BTZ – Bentazone
FSF – Fomesafen
IZT – Imazethapyr

1. INTRODUÇÃO

Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa amplamente tolerante a diversas condições climáticas (YADAV et al., 2017; OPARAEKE et al., 2018). Devido a isso, esta cultura tornou-se muito importante socioeconomicamente e amplamente cultivada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (DIAS et al., 2019), e por ser uma das leguminosas de maior importância nutricional devido seu alto teor de proteína, vitaminas (A, C, B1, B2, B5 e B9) e vários minerais e poder ajudar a mitigar a insegurança alimentar e a desnutrição (GERRANO et al., 2019).

Um dos maiores problemas na produção de feijão-caupi é a interferência causada pelas plantas daninhas, sendo um dos fatores que mais limitam a produtividade da cultura, ao competirem por água, luz e nutrientes e poderem hospedar pragas e doenças, além de produzirem substâncias alelopáticas que causam efeitos antagônicos ao crescimento e desenvolvimento da cultura (LACERDA et al., 2020).

O controle de plantas daninhas no feijão-caupi normalmente é realizado por meio de capina manual, com enxada. Com a escassez da mão de obra, tem gerado a necessidade de se adotar medidas de controle alternativas, principalmente no cultivo em larga escala (ISHAYA et al., 2008). Nesse contexto, o controle químico de plantas daninhas proporciona maior eficiência ao sistema produtivo da cultura (MANCUSO et al., 2016). Além disso, não há herbicida seletivo registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o feijão-caupi, que possa ser utilizado para o controle de plantas daninhas (AGROFIT, 2022).

A seletividade é um pré-requisito fundamental para o sucesso do controle químico de plantas daninhas. Pode ser definida como a incapacidade de um herbicida afetar significativamente uma planta, ou seja, por algum motivo, geralmente metabólico, a planta é capaz de metabolizar o herbicida, reduzindo o potencial tóxico ou inativando o herbicida (CARVALHO, 2013). Por isso, o conhecimento da fisiologia das plantas e dos grupos aos quais pertencem os herbicidas é fundamental para o sucesso do controle químico das plantas daninhas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Além disso, o feijão-caupi é uma leguminosa muito

sensível aos herbicidas, e o grau de seletividade nesta cultura pode variar com as cultivares, e alguns produtos podem causar severas intoxicações na cultura e a tolerância desta aos herbicidas depende de uma série de fatores, dentre eles o estágio de crescimento das plantas (LINHARES et al., 2014).

A mistura de herbicidas oferece algumas vantagens em relação ao uso de um único produto, como aumento do número de espécies controladas, melhor controle de determinadas espécies, redução do custo de pulverização e possibilidade de redução da dose recomendada. Esta última vantagem tem como consequência a diminuição de resíduos no solo e da toxicidade à cultura (MACHADO, et al., 2006). No entanto, herbicidas disponíveis no mercado, principalmente aqueles que são utilizados na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), podem ser seletivos e eficazes para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi.

Portanto, o conhecimento das características da calda dos herbicidas é vital para o sucesso de aplicação destes no alvo. Entretanto, as reações de incompatibilidade dos herbicidas podem resultar na separação de fases, formação de aglomerados e precipitados. Essas alterações podem desencadear diversos efeitos, tais como: o entupimento dos bicos de pulverizações e perda na eficácia dos produtos fitossanitários pela redução da quantidade de ingrediente ativo que não é aplicada junto com as gotas pulverizadas (PETTER et al., 2012).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e classificação botânica do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) originou-se e foi domesticado na África, embora a localização exata de origem da domesticação ainda seja uma questão de especulação e diferentes autores sugerem diferentes áreas na África, nordeste da África, incluindo a Etiópia (PASQUET, 2000). Esta cultura foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses, no Estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). Nos anos 1568 e 1587 já existia o cultivo

de uma grande variedade de feijões no Brasil, principalmente na Bahia (SOUZA, 1974; GANDAVO, 2008).

O feijão-caupi é uma planta *Dicotyledonea*, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseola*, subtribo *Phaseolina*, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catjang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (FREIRE FILHO, et al., 2011).

Primeiramente, o feijão-caupi foi classificado nos gêneros *Phaseolus* e *Dolichos* e posteriormente pelo gênero *Vigna*, devido a imensa variabilidade genética dentro da espécie (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e nas espécies silvestres geneticamente mais próximas, dificultou a classificação da espécie domesticada. (FREIRE FILHO, et al., 2011). Existem cinco subespécies conhecidas de feijão-caupi, das quais três são cultivadas (*unguiculata*, *cilíndrica* e *sesquipedalis*) e duas são silvestres (*dekindtiana* e *mensensis*) (PASQUET, 2000).

2.2. Características do feijão-caupi

O ciclo do feijão-caupi pode ser definido de seguinte maneira: ciclo precoce: a maturidade é atingida até 60 dias após o plantio (DAP); ciclo médio: quando a maturidade é atingida entre 60 à 90 DAP; ciclo tardio: a maturidade é atingida acima dos 90 DAP (FREIRE FILHO, 2005). A germinação do feijão-caupi é epígea, com os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal. Possui o sistema radicular do tipo axial, relativamente superficial, mas algumas raízes podem atingir até 2,0 m de profundidade (MAFRA, 1979).

A planta possui uma arquitetura consideravelmente variada entre cultivares e apresenta vários tipos de porte, classificados por Freire Filho (2005) em ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado, com variações nas ramificações e o número de nós. Quando a planta não cresce após a emissão de inflorescência na extremidade da haste principal, o crescimento é determinado; e quando o ramo principal continua crescendo até o final do ciclo o crescimento é indeterminado (DONÇA, 2012).

O primeiro par de folhas é sésstil, simples e opostas, exibindo considerável variação de forma e tamanho. As folhas secundárias são trifoliadas e longo-pecioladas. O folíolo terminal é frequentemente comprido e de maior área que folíolos assimétricos laterais, as formas variam de linear lanceoladas a ovaladas (ARAÚJO, 1979).

A inflorescência é formada a partir de um eixo central, que consiste de um racemo modificado, contendo de seis a oito pares de gemas florais, podendo ser simples quando possui apenas uma inflorescência, ou composta com mais de uma inflorescência (ROCHA, et al., 2001).

As flores são classificadas como perfeitas, zigomorfas e estão distribuídas aos pares no racemo, na extremidade do pedúnculo, região que antecede a flor ou o fruto, o qual se desenvolve a partir da axila da folha (ROCHA, et al., 2001).

O fruto é uma vagem de tamanho e forma variável, contendo no seu interior sementes dispostas em fileiras (MAFRA, 1979). A semente é constituída externamente de um tegumento ou testa, hilo e caracteres relacionados ao hilo, e pode apresentar forma arredondada, ovalada, elíptica, reniforme, losangular, quadrangular e comprimida (FREIRE FILHO et al., 2011).

2.3. Importância socioeconômica do feijão-caupi

A produção mundial de feijão-caupi de 2020 atingiu 23 milhões de toneladas de grãos (FAOSTAT, 2022). No entanto, acredita-se que as estimativas estejam subestimadas, o fato que vários países, como Índia, Myanmar e Brasil, não fornecem dados estatísticos que separem feijão-caupi e feijão-comum (WANDER, 2013).

O feijão-caupi contribui bastante para a segurança alimentar e nutricional, bem como para a geração de renda de milhões de famílias nos trópicos semiáridos, principalmente na Ásia, África e América Latina (BOUKAR et al., 2019). No Brasil, a cultura tem grande importância nas regiões Norte e Nordeste, principalmente na região nordestina, por ser uma fonte geradora de emprego e renda e por constituir

um dos principais componentes para a alimentação humana (FREIRE FILHO et al., 2011).

O principal objetivo dos produtores de feijão-caupi é a produção de grãos secos para consumo humano (no preparo de diversos alimentos), mas também são consumidas folhas, grãos frescos e vagens verdes frescas, assim como fornece forragem importante para ruminantes (PASQUET et al., 2021).

A cultura é responsável por 34% da área plantada e 15,6% da produção de feijão (feijão-caupi + feijão-comum) no Brasil (OLIVEIRA, 2008). Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores de feijão-caupi, com produtividade média de grãos de $\sim 525 \text{ kg ha}^{-1}$ e produção de $\sim 687,4$ mil toneladas (CONAB, 2021). Mesmo assim, a produtividade desta cultura é considerada baixa, em função do baixo nível tecnológico empregado no cultivo (DAMASCENO-SILVA, 2009).

2.4. BRS-Pujante

A cultivar BRS Pujante, foi obtida por meio do cruzamento da linhagem TE 90-180-26F com a cultivar Epace 10, desenvolvida pela Embrapa Semi-árido (Petrolina/PE, 1995). Considerado de porte semi-ramador e de crescimento indeterminado, possui o ciclo em torno de 70 dias. Apresenta a folha globosa de coloração verde no início do florescimento e a floração roxa e desuniforme. A vagem imatura apresenta a coloração verde e marrom para a vagem seca. Os grãos são inicialmente verdes e marrons quando secos. A média da produtividade é de 704 kg ha^{-1} para ambiente sequeiro e 1586 kg ha^{-1} para ambiente irrigado (SANTOS et al., 2007).

2.5. Características dos Herbicidas e Mecanismos de Ação

A atividade biológica de um herbicida na planta ocorre de acordo com a absorção, translocação, metabolismo e a sensibilidade da planta ao herbicida e, ou, a seus metabólitos. O simples fato de um herbicida atingir as folhas e, ou, ser aplicado no solo não é suficiente para que ele exerça a sua ação. Para tanto há

necessidade de que ele penetre na planta, transloque e atinja a organela onde irá atuar (FERREIRA et al., 2005).

O conhecimento do mecanismo de ação requer estudo que envolva aspectos relacionados à química, bioquímica e fisiologia vegetal. Este conhecimento provê uma ferramenta fundamental no entendimento dos mecanismos de seletividade, comportamento dos herbicidas nas plantas e no ambiente e o efeito dos fatores ambientais na eficiência desses produtos a campo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2008).

Um mesmo herbicida pode influenciar vários processos metabólicos na planta, entretanto, o primeiro evento metabólico (sítio de ação) das plantas onde o herbicida atua é caracterizada como o seu mecanismo de ação. Portanto, o modo de ação representa todo o comportamento do herbicida desde seu contato com a planta até a expressão final do seu efeito tóxico (CARVALHO, 2013). Sendo assim, segue as principais características químicas e de manejo dos herbicidas utilizados neste trabalho:

2.5.1. Bentazone

O bentazone (2,2-dióxido de 3-isopropil(1H) -benzo-2,1,3-triadizin-4-ona) é um herbicida tópico (contato) de fotossistema II, do grupo químico da benzotriadiazinona (C3). Esse herbicida é indicado para controle pós-emergente de plantas daninhas nas culturas de soja, arroz, arroz irrigado, feijão, milho e trigo (ADAPAR, 2021).

O mecanismo de ação deste herbicida é a inibição de transporte de elétrons, uma vez que resultam na remoção ou inativação de um ou mais carreadores intermediários do transporte de elétrons. A inibição da fotossíntese acontece pela ligação dos herbicidas deste grupo ao sítio de ligação da Q_B , na proteína D1 do fotossistema II, o qual se localiza nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, causando, por consequência, o bloqueio de transporte de elétrons de Q_A para Q_B . Isto interrompe a fixação de CO_2 (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Após aplicação deste herbicida a taxa de fixação de CO_2 declina poucas horas após o tratamento em plantas susceptíveis tratadas. Em plantas tolerantes, a taxa de fixação não cai a níveis tão baixos e em pouco dias retorna ao normal; nas

sensíveis a taxa declina até próximo de zero em 1 ou 2 dias e não ocorre recuperação (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). O efeito do bentazone é unicamente de contato, por isso, a cultura pode se recuperar da ação dos herbicidas dias após aplicação (LINHARES et al., 2014; BANDEIRA et al., 2017).

Plantas tornam mais susceptíveis a ação deste herbicida em pós-emergência, com baixa intensidade de luz durante os dias que precedem a aplicação e alta intensidade de luz nos dias posteriores (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). Em geral, os sintomas de intoxicação aparecem relativamente rápido, são semelhantes entre os distintos grupos químicos e caracterizam-se por clorose internerval e das bordas das folhas, progredindo, da borda para o centro, em necrose generalizada da folha (CARVALHO, 2013).

2.5.2. Fomesafen

O fomesafen 5-(2-chloro- α , α , α -trifluoro-p-tolyloxy) -N-methyl sulfonyl-2-nitrobenzamide é um herbicida tópico (contato) pertencente ao grupo químico éter difenílico (E), que inibe a atuação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX) (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). É um herbicida seletivo, indicado para o controle das plantas infestantes de folhas largas, em pré-emergência para a cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*), e pós-emergência para as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e soja (*Glycine max*) (ADAPAR, 2021).

A inibição das enzimas PPO após uma aplicação de herbicida resulta no acúmulo de protoporfirinogênio IX, que vaza do plastídio para o citoplasma, onde é oxidado em protoporfirina IX (WITKOWSKI & HALLING, 1989). Na presença de luz solar, a protoporfirina IX no citoplasma gera oxigênio singlete altamente reativo, levando à morte de plantas suscetíveis (JACOBS et al., 1991).

No entanto, muitas culturas têm capacidade de rapidamente recuperar a área foliar afetada após certo nível de injúria (LINHARES et al., 2014). O efeito do fomesafen é apenas de contato, por isso, as folhas novas que se originam a partir de novas brotações não são afetadas (OLIVEIRA et al., 2013; LINHARES et al., 2014).

O fomesafen, sendo um inibidor de PROTOX, seu sintoma da intoxicação aparece relativamente rápido, podendo ser caracterizados por aparecimento inicial de manchas escuras, com rápido branqueamento do limbo foliar, dessecação e necrose de tecidos foliares (CARVALHO, 2013).

2.5.3. Imazethapyr

O imazethapyr [2-[4.5-dihydro-4-methyl-4-(1-methylethyl) -5-oxo-1Himidazol-2-yl] -5-ethyl-3-pyridinecarboxylic acid] é um herbicida sistêmico que inibe a atuação da enzima acetolactato sintase (ALS) ou síntese de aminoácidos, também denominada acetohidroxi ácido sintase (AHAS), dependendo da reação que a enzima catalisa (CARVALHO, 2013). Este herbicida pertence ao grupo químico imidazolinona (B) e indicado para controle principalmente de plantas daninhas de folhas largas bem como de gramíneas infestantes na cultura da soja e do arroz irrigado. (ADAPAR, 2021).

A ALS ou AHAS ocorre em cloroplastos e plastídeos de células meristemáticas. A inibição dessa enzima impede a síntese de valina, leucina e isoleucina, mas não é isso, especificamente, que causa a morte da planta. Com a inibição da enzima, há inibição da divisão celular, acúmulo de cetobutirato (tóxico em altas quantidades) e redução na translocação de fotoassimilados (RAY, 1984).

O imazethapyr, sendo um herbicida inibidor da ALS ou AHAS é um ácido fraco hidrossolúvel sistêmico e, em geral, com baixa pressão de vapor, não sendo, portanto, volátil. Os sintomas da intoxicação por inibidores de ALS não demoram muito a aparecer devido a sua alta translocação, porém a morte da planta não é tão rápida devido ao sítio de ação estar localizado nos meristemas, podendo decorrer em até duas semanas (CARVALHO, 2013).

Geralmente os sintomas aparecem nas bordas foliares tornando-se amareladas, as nervuras, avermelhadas ou arroxeadas e o limbo foliar apresenta manchas amareladas. As folhas tornam-se enrugadas e o crescimento da planta é paralisado (CARVALHO, 2013).

2.6. Mistura e Estabilidade da Calda dos Herbicidas

Para evitar interferência de plantas daninhas na cultura de interesse, uma prática eficiente é o controle químico (GRIGOLLI et al., 2017), sendo comum a combinação de diferentes herbicidas com espectro sobre essas espécies (COSTA et al., 2020). A decisão em utilizar a mistura de produtos fitossanitários pode ocasionar resultados inesperados como sinergismo, adição ou antagonismo devido às incompatibilidades físico-químicas, podendo melhorar o controle ou ocasionar perdas ou diminuição na eficácia da aplicação (PETTER et al., 2013).

A mensuração da condutividade elétrica e do pH também são importantes para avaliação da estabilidade e solubilidade das caldas fitossanitárias. A condutividade elétrica refere-se à condução de corrente elétrica na solução e o pH define o grau de alcalinidade ou acidez de uma solução, numa escala de 0 a 14. Os produtos fitossanitários podem ser degradados facilmente por hidrólise em meio alcalino, uma vez que grande parte das formulações são preparadas em água (PETTER et al., 2013).

O espectro de gotas, a tensão superficial e o ângulo de contato são parâmetros da tecnologia de aplicação que também devem ser observados quando se fazem misturas de produtos fitossanitários, pois estão diretamente relacionados com o controle do alvo e o resultado final da aplicação pode ser diferente do esperado em função de modificações desses parâmetros causados pela incompatibilidade físico-química da mistura (DECARO JR. et al., 2015).

No entanto, o conhecimento sobre possíveis misturas de produtos fitossanitários de diferentes classes e formulações são necessárias a fim de evitar possíveis danos à cultura e baixa eficiência no controle das espécies alvos (PETTER et al., 2012).

3. OBJETIVOS

Os objetivos foram (i) testar se as propriedades da calda podem ser alteradas quando preparada com os herbicidas bentazone, fomesafen e imazethapyr, isolados

e em mistura; e (ii) avaliar a seletividade de tratamentos com herbicidas a base de bentazone, fomesafen e imazethapyr, isolados e em mistura, e aplicados em um e dois estágios de crescimento, para a cultura do feijão-caupi “BRS Pujante”.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Estabilidade da Calda (Compatibilidade Físico-Química)

A avaliação de estabilidade e compatibilidade física entre as misturas foi baseada na metodologia na NBR 13875 (Agrotóxico – Avaliação de compatibilidade físico-química) (ABNT, 2014).

4.1.1. Características Físicas

O preparo das caldas foi realizado com o reagente água do poço artesiano com dureza total de 20 mg.kg⁻¹ em equivalente de CaCO₃, realizado com três repetições por tratamento. Em seguida foram adicionados produtos na concentração ideal, conforme descrito na Tabela 1. Foi utilizada uma proveta graduada de 250 ml com tampa; peneira de tecido metálico com abertura nominal de 149 µm; pipeta graduada. Após o preparo da calda, a proveta foi tampada e agitada por 10 vezes para a homogeneização da calda.

As avaliações das caldas foram realizadas nos seguintes intervalos: separação imediata após a mistura (0 hora) e após 2, 6 e 24 horas em período de repouso. Foram observados os possíveis efeitos das interações entre os produtos quanto a homogeneidade/heterogeneidade, sendo: floculação; sedimentação; separação de fases; suspensão de óleo; formação de grumos; formação de cristais; formação de creme e formação de espuma.

4.1.2. Potencial Hidrogeniônico - pH e Condutividade Elétrica

Para a análise de pH e condutividade elétrica, os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com os herbicidas descritos na Tabela 1, em esquema fatorial 7x4+1, com 3 repetições, mais uma testemunha (água). O fator A correspondeu as caldas utilizadas (herbicida isolado ou em mistura), o fator B consistiu nos horários de avaliação (0, 2, 6 e 24 horas após o preparo). O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de pHmetro de bancada (GUIMIS), devidamente calibrado e aferido para a faixa de caldas ácidas e básicas. A condutividade elétrica foi determinada com auxílio do condutivímetro BM-11P da marca Marth®.

4.1.3. Viscosidade da Calda

Para a viscosidade da calda, foram feitas três leituras para cada herbicida descrito na Tabela 1, que corresponde a 7 tratamentos e mais uma testemunha (água), com 3 repetições. Foi utilizada uma quantidade de 15 ml de calda de cada herbicida e a leitura foi feita na temperatura média de 20°C e velocidade de agitação de 50 rpm (rotações por minuto) para todos os tratamentos, exceto ao primeiro tratamento (T1 = bentazone) onde adotou-se 10 rpm, por não conseguir realizar a leitura correta nas demais rotações. O torque foi na faixa de 20 à 80%. Foi utilizado o equipamento “Viscosímetro Brookfield” do modelo matemático: $100 \times \text{Fator} = \text{viscosidade em cP (mPa.s)}$.

4.1.4. Tensão Superficial e Ângulo de Contato

A avaliação de tensão superficial e ângulo de contato foi realizado com 7 herbicidas listados na Tabela 1, mais uma testemunha (água), com 4 repetições, em tempo de análise de 60 segundos, feito em folhas (trifolhadas) de feijão-caupi completamente desenvolvidas.

No entanto, as caldas foram preparadas com água do poço cartesiano, com as doses recomendadas pelo fabricante para cada produto (Tabela 1). As avaliações da tensão superficial e do ângulo de contato foram realizadas em tensiômetro

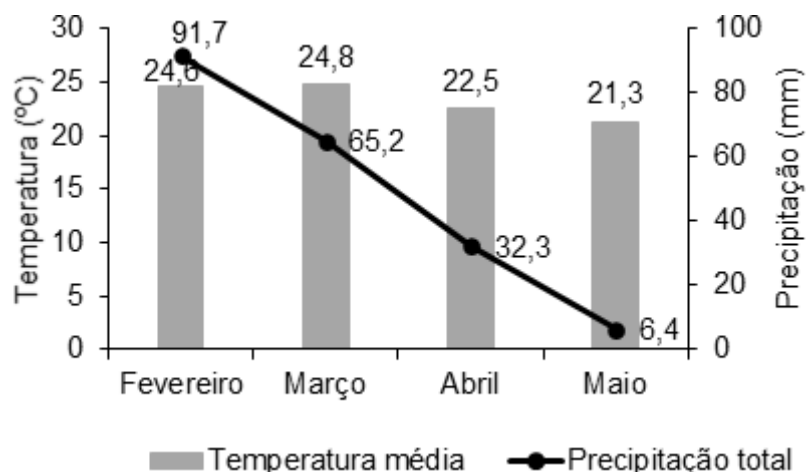
automático OCA-15Plus da Dataphysics Germany. Neste equipamento, a tensão é determinada pelo método da gota pendente (pendent drop). A imagem da gota de líquido suspensa no final da agulha do equipamento é focada pela lente de uma câmera CCD e 60 imagens são capturadas em sequência durante um minuto. As imagens são analisadas instantaneamente por assimetria de eixos. A tensão superficial é então determinada a partir da equação de Young-Laplace: $\Delta P = 2\gamma / R$, onde ΔP é a variação de pressão entre superfícies, γ é a tensão superficial e R é o raio de curvatura da gota.

Para a avaliação do ângulo de contato, o mesmo equipamento foi utilizado, também a partir da análise de imagem, utilizando o método Sessile drop. A fita parafilm foi usada como a superfície padrão, uma vez que é comumente usada e difundida no meio científico. Os valores das tensões superficiais (gota pendente) e os ângulos de contato são obtidos na superfície parafilm aos 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 segundos da formação (deposição das gotas).

Para análise estatística dos dados destes dois parâmetros, foram considerados apenas os dados obtidos no tempo de sessenta segundos, quando os valores referentes a estes parâmetros já se estabilizaram e caracteriza o final da avaliação da cinética da tensão superficial e ângulo de contato de cada tratamento.

4.2. Caracterização da Área Experimental

O estudo foi conduzido na casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal-SP, o clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação climática de Köppen adaptada para o Brasil, considerado subtropical, com chuvas de verão predominante e inverno relativamente seco (OLIVEIRA et al., 2019). Os dados climatológicos do período experimental estão apresentados na Figura 1.



Fonte: Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP. Jaboticabal/SP, 2021.

Figura 1. Médias de temperatura do ar (°C) e precipitação total (mm), no período de fevereiro a maio de 2021, UNESP. Jaboticabal/SP, 2021.

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa, composto por 59% de argila, 20% de silte e 21% de areia total. As características químicas do solo foram: 6,1 de pH; 9 e 5 g dm⁻³ de matéria orgânica e fósforo, respectivamente, com 1; 16 e 20,9 mmol dm⁻³ de potássio; H+Al e soma de bases, respectivamente, e 57% de saturação por base.

Com base no resultado da análise do solo, foi realizada a adubação fosfatada com 254,98 mg dm⁻³ de superfosfato simples e potássica com 63,88 mg dm⁻³ de cloreto de potássio. Aos 15 dias após a semeadura, foi feita a adubação nitrogenada com 93,94 mg dm⁻³ de ureia em vasos de feijão-caupi (MELO & CARDOSO, 2017).

4.3. Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em um esquema fatorial de 7x2+1, uma testemunha (sem aplicação de herbicida), em sete repetições. O primeiro fator correspondeu à aplicação dos herbicidas bentazone; fomesafen; imazethapyr; bentazone + fomesafen; bentazone + imazethapyr; fomesafen + imazethapyr; bentazone + fomesafen + imazethapyr, aplicados em pós-emergência. O segundo fator foi composto por uma e duas aplicações (Tabela 1). As doses dos

herbicidas utilizadas foram conforme as recomendadas da bula do produto comercial, com base na recomendação para a cultura da soja (*Glycine max*) e do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e herbicidas utilizados no experimento, UNESP. Jaboticabal/SP, 2021.

Tratamentos	Ingrediente ativo (g L)	Produto comercial (L ha ⁻¹)	Mecanismo de ação*
Testemunha	---	---	---
Bentazone (BTZ)	720	1,2	C3
Fomesafen (FSF)	250	1,0	E
Imazethapyr (IZT)	200	1,0	B
BTZ+FSF	720 + 250	1,2 + 1,0	C3+E
BTZ+IZT	720 + 200	1,2 + 1,0	C3+B
FSF+IZT	250 + 200	1,0 + 1,0	E+B
BTZ+FSF+IZT	720 + 250 + 200	1,2 + 1,0 + 1,0	C3+E+B

*C3 = inibidores de fotossíntese no fotossistema II (FSII); E = inibidores da ação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO); B = inibidores da ação da enzima acetolactato sintase (ALS). HRAC-BR: Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (<https://www.hrac-br.org/>). *Dose recomendada para a cultura da soja (*Glycine max*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Nome comercial: BTZ = Basagram 600® (BASF S.A.); FSF = Flex (Syngenta Ltd.); IZT = Zaphir (Nortox S.A.).

4.4. Semeadura do Feijão-Caupi

A semeadura do feijão-caupi foi realizada de forma manual no dia 10/02/2021, em vasos de 6,71 dm⁻³, com 4 sementes por vaso, semeadas na profundidade de 3 cm do solo. Após 8 dias da emergência de plântulas foi realizado o desbaste, permanecendo uma planta por vaso.

4.5. Tecnologia de Aplicação

Os herbicidas foram aplicados no estágio de desenvolvimento de duas a quatro e de seis a oito folhas completamente expandidas do feijão-caupi respectivamente, utilizando-se o pulverizador costal pressurizado por CO₂, mantido a pressão constante de 210 kPa, munido de barra com quatro pontas de pulverização tipo DG 110.02, espaçadas com 50 cm entre si, calibrado para aplicar volume de calda de 150 L ha⁻¹. Durante as aplicações, foram registradas temperaturas médias de 23,9 e 22,3 °C, umidade relativa de 74,9 e 77,8% e velocidade do vento de 2,10 e 2,11 km/h, respectivamente.

4.6. Atributos Avaliados no Feijão-Caupi

Aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, foram realizadas avaliações de: a) fitointoxicação (FI), a partir da escala percentual de 0 (zero) a 100%, na qual zero significa a ausência de sinais de intoxicação e 100% a morte das plantas, conforme a metodologia da SBPCPD (1995); b) altura da planta (APL) (cm), determinada do nível do solo até a inserção da gema apical. No caso de rebrota, a altura foi estimada levando em consideração a gema apical do último broto; c) número de folhas (NF), determinado contando todas as folhas trifoliadas totalmente expandidas; d) diâmetro do caule (DC) (mm), estimado a 5 cm da base da planta, com o auxílio de paquímetro digital.

A colheita foi realizada com 80% das vagens secas e, em seguida, foram avaliadas as características como: a) número total de vagens por planta (NTVP), através da contagem do número total de vagens coletadas em cada planta; b) comprimento médio da vagem (CMV), estimado pela média total das vagens em cada planta; c) número médio de grãos por vagem (NMGV), estimado pela média de grãos de todas as vagens em cada planta; d) massa seca média da vagem (MSMV), estimada pela média de pesos de todas as vagens com grãos por planta, colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C durante 72h; e) massa seca média de grãos por vagem (MSMGV), obtida a partir da média da massa total de grãos em

cada planta, após acondicionamento em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C por 72h, com umidade corrigida para 13% e a produtividade estimada (PROD est) por planta, com a umidade corrigida para 13%, expressa em kg ha⁻¹.

4.7. Análise Estatística

Os dados obtidos nas avaliações de estabilidade das caldas dos herbicidas e do experimento de feijão-caupi, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do programa estatístico AgroEstat, versão 1.1.0 (BARBOSA & MALDONADO JR., 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de estabilidade física, foram observadas incompatibilidades em apenas alguns tratamentos. As incompatibilidades observadas foram quanto à grumo em todos os horários avaliados (0, 2, 6 e 24 horas) e espuma para 0 hora após o preparo da calda. Entretanto, registrou-se grumo em todos os tratamentos avaliados, com exceção ao tratamento com fomesafen+imazethapyr. Foi observada a presença de espuma nos tratamentos com fomesafen; bentazone+imazethapyr; fomesafen+imazethapyr e bentazone+fomesafen+imazethapyr respectivamente (Tabela 2).

Este resultado nos permite concluir que houve ligeira incompatibilidade física entre as caldas testadas devido a formação de precipitados. Entretanto, a espuma encontrada na calda dos herbicidas em 0 hora, deve-se a sua agitação logo após o preparo e imediatamente sua análise. Além disso, as espumas podem ocupar o espaço destinado a calda de pulverização, comprometendo a precisão no abastecimento completo do tanque, podendo resultar em alteração da concentração dos herbicidas no pulverizador.

A formação do grumo dentro do tanque do pulverizador, se deve por um repouso prolongado sem a agitação da calda. Pois este fato pode ser evitado pela

agitação contínua das caldas em momentos de aplicação, mantendo sempre sua homogeneidade (RIBEIRO et al., 2021). Além de que, com a formação de precipitados, estes podem-se deslocar para os bicos e filtros, causando entupimento destes e obstrução, o que pode resultar em ineficiência da aplicação e no manejo da cultura (PETTER et al., 2013).

Tabela 2. Características físicas como: floculação, grumos, separação de fase, suspensão em óleo, sedimento, cristais, creme e formação de espuma, analisadas em 0, 2, 6 e 24 horas após a preparação da calda, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tempo de avaliação	Floculação	Sedimento	Separação de fases	Suspensão em óleo	Grumo	Cristais	Creme	Espuma (mL)
0 horas	*	*	*	*	T2; T5	*	*	T3; T5; T6; T7
2 horas	*	*	*	*	T7	*	*	*
6 horas	*	*	*	*	T3; T4; T7	*	*	*
24 horas	*	*	*	*	T1	*	*	*

T1= bentazone, T2= fomesafen, T3= imazethapyr, T4= bentazone+fomesafen, T5= bentazone+imazethapyr, T6= fomesafen+imazethapyr, T7= bentazone+fomesafen+imazethapyr e *ausência de parâmetro avaliado.

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica da calda fitossanitária (herbicidas) também são parâmetros indicativos de compatibilidade ou incompatibilidade entre produtos, cujo seus valores se encontram nas Tabelas 3 e 4 respectivamente.

O fomesafen registrou maior pH seguido da mistura de bentazone+fomesafen e bentazone avaliados em 0 hora, e as misturas de bentazone+imazethapyr e fomesafen+imazethapyr registraram valores similares a água (Tabela 3). O herbicida imazethapyr registrou menor pH abaixo da água, seguida da mistura fomesafen+imazethapyr, indicando a redução do pH (acidez) da calda. Após 2 horas do preparo das caldas, houve um aumento no pH de todos os tratamentos avaliados com herbicidas. O tratamento fomesafen registrou o maior pH, seguido de bentazone+fomesafen e bentazone (Tabela 3).

De modo geral, houve diferença do pH entre os horários avaliados e uma redução gradativa a partir de 6 à 24 horas após o preparo da calda. O herbicida imazethapyr e a mistura de bentazone+imazethapyr registraram diferenças apenas em 2 horas após o preparo em relação aos demais horários avaliados. O herbicida imazethapyr registrou menor pH em todos os horários avaliados (Tabela 3). O fomesafen foi o que teve maior pH em avaliações realizadas de 2, 6 e 24 horas, tendo proporcionado um aumento no pH (alcalinidade) da calda dos herbicidas (Tabela 3).

Todos os tratamentos avaliados, apresentaram o pH acima da neutralidade (7,0) (Tabela 3), o que se considera de alcalino. No entanto, o pH alcalino causa instabilidade na mistura e consequentemente um controle ineficiente (MURPHY, 2004). Também a maioria dos produtos fitossanitários se decompõe rapidamente em pH alcalino (KISSMANN, 1997). Por tanto, o pH ideal é o abaixo da neutralidade, uma vez que os produtos nesta fase não são afetados pela acidez como o são pela alcalinidade (RIBEIRO et al., 2021). Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior período de tempo, pois a superfície das folhas, em geral, tem pH neutro, havendo interação com o pH da calda (CUNHA et al., 2010).

Os produtos fitossanitários possuem diferentes pHs de funcionamento. Entretanto, estes apresentam maior eficiência quando as caldas são um pouco ácidas, com pH entre 6 e 6,5. Mas quando ocorre a acidificação demasiada é indesejável porque a ação destes produtos pode ser alterada devido suas precipitações (MURPHY, 2004).

Tabela 3. Caracterização da calda dos herbicidas quanto ao pH, na leitura de 0 à 24 horas após o preparo, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos (Caldas)	Tempo após o preparo (horas)			
	0 hora	2 horas	6 horas	24 horas
Água	8,9 DEa	8,9 Fa	8,9 Da	8,9 Da
Bentazone (BTZ)	10,4 Bb	11,1 Ba	10,2 Bb	9,7 Bc
Fomesafen (FSF)	11,2 Ab	11,6 Aa	11,1 Ab	10,3 Ac
Imazethapyr (IZT)	8,0 Fb	9,3 Ea	7,8 Eb	7,6 Eb
BTZ+FSF	10,5 Bb	11,2 Ba	10,4 Bbc	10,1 Ac
BTZ+IZT	9,1 Db	9,9 Da	9,2 Db	8,9 Db
FSF+IZT	8,6 Ed	10,4 Ca	9,7 Cb	9,4 BCc
BTZ+FSF+IZT	9,6 Cb	10,2 CDa	10,4 Ba	9,2 CDc
CV (%)	2,07			

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os horários avaliados, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Os valores observados em todos as caldas avaliadas em 0 hora, indicaram um aumento na condutividade elétrica em comparação com água, exceto para a mistura fomesafen+imazethapyr (Tabela 4). Com isso, observou-se a diferença significativa para todos os herbicidas avaliados, comparados com a testemunha, onde a mistura de bentazone+fomesafen registrou maior valor da condutividade elétrica seguido de bentazone e bentazone+imazethapyr, exceto ao tratamento fomesafen+imazethapyr que apresentou menor condutividade elétrica (Tabela 4).

Após 2 horas do preparo da calda, houve uma queda na condutividade elétrica nos herbicidas bentazone; fomesafen; bentazone+fomesafen;

bentazone+imazethapyr e aumento da condutividade elétrica nas misturas fomesafen+imazethapyr e bentazone+fomesafen+imazethapyr. As 6 horas após o preparo da calda, verificou-se um aumento da condutividade elétrica nos tratamentos bentazone; bentazone+fomesafen; bentazone+fomesafen+imazethapyr e bentazone+imazethapyr (Tabela 4).

Em 24 horas após o preparo da calda, registrou-se uma queda da condutividade elétrica nos tratamentos com bentazone; imazethapyr; bentazone+fomesafen; bentazone+imazethapyr e uma queda acentuada no tratamento bentazone+fomesafen+imazethapyr. Houve diferença nos tratamentos em comparação com a testemunha (água) em todos os horários avaliados (Tabela 4). O baixo pH e condutividade elétrica encontrados na calda do imazethapyr, se deve as características do próprio herbicida, por ser um ácido fraco hidrossolúvel.

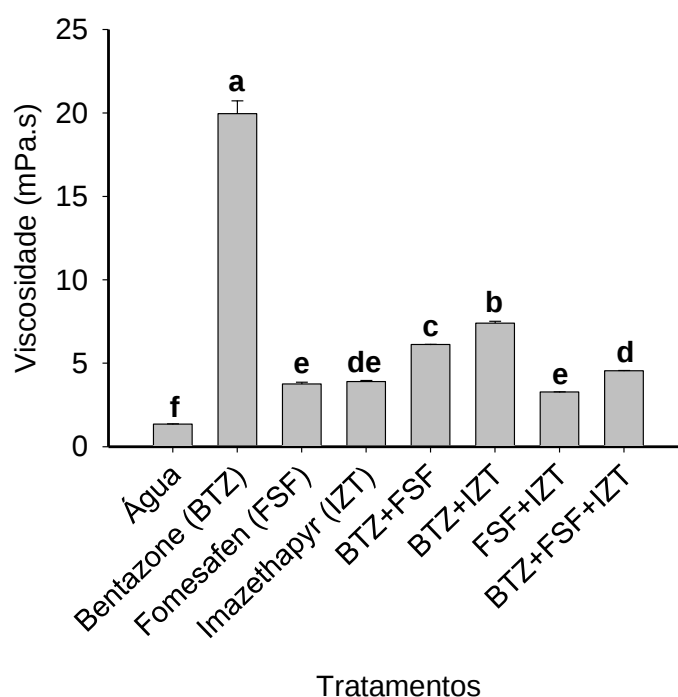
De modo geral, observou-se diferença da condutividade elétrica entre os horários avaliados. O herbicida bentazone proporcionou um aumento na condutividade elétrica da calda tanto isolado quanto em mistura com outros herbicidas, pois a condutividade elétrica quando elevada, indica a presença de grandes quantidades de íons, os quais podem diminuir a eficácia dos produtos (CARLSON & BURNSIDE, 1984; RHEINHEIMER & SOUZA, 2000).

Tabela 4. Caracterização da calda dos herbicidas quanto a condutividade elétrica (S/m), na leitura de 0 à 24 horas após o preparo, UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos (Caldas)	Tempo após o preparo (horas)			
	0 hora	2 horas	6 horas	24 horas
Água	162,7 Ga	162,7 Ga	162,7 Fa	162,7 Ga
Bentazone (BTZ)	1185,7 Bb	1021,3 Ac	1375,3 Aa	1338,0 Aa
Fomesafen (FSF)	624,9 Da	481,4 Eb	355,9 Cc	356,7 Ec
Imazethapyr (IZT)	316,2 Fb	366,5 Fa	283,2 Dc	264,2 Fc
BTZ+FSF	1318,3 Aa	720,4 Cc	1343,3 Aa	1249,3 Bb
BTZ+IZT	1065,0 Cb	884,4 Bc	1149,0 Ba	1057,3 Cb
FSF+IZT	133,5 Hc	385,9 Fa	242,4 Eb	249,7 Fb
BTZ+FSF+IZT	376,5 Ed	605,8 Db	1343,3 Aa	434,5 Dc
CV (%)	1,42			

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os horários avaliados, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

A viscosidade da calda foi superior para o tratamento com bentazone (19,96 mPa.s), seguida de bentazone+imazethapyr (7,39 mPa.s); bentazone+fomesafen (6,12 mPa.s); bentazone+fomesafen+imazethapyr (4,55 mPa.s); imazethapyr (3,90 mPa.s); fomesafen (3,75 mPa.s); fomesafen+imazethapyr (3,28 mPa.s), em comparação com a água (1,35 mPa.s). No entanto, a viscosidade aumentou com adição dos herbicidas e suas misturas. O fato do herbicida bentazone apresentar maior viscosidade tanto isolado quanto em mistura com outros herbicidas, pode dificultar seu espalhamento nas folhas da cultura do feijão-caupi (Figura 2).



*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si para caldas de herbicidas, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 2. Valores médios da viscosidade da calda de herbicidas avaliados. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Os herbicidas avaliados isoladamente ou em mistura, proporcionaram redução da tensão superficial e ângulo de contato em relação à água (Tabela 5). A

água, na sua forma pura e em estado líquido tem a tendência de formar gotas esféricas com tensão em torno de $79,0 \text{ mNm}^{-1}$ e ângulo de contato de 110° (COSTA et al., 2020), conforme constatado em alguns tratamentos avaliados no presente estudo com valores similares (Tabela 5).

A diminuição da tensão superficial e ângulo de contato das gotas formado, normalmente possuem correlação positiva com o espalhamento da gota, ou seja, quanto menor a tensão superficial e o ângulo de contato com a superfície do alvo maior será o espalhamento e, conseqüentemente maior o depósito e cobertura do alvo (DECARO JÚNIOR, 2015).

No entanto, foi observado no presente estudo que, a presença dos herbicidas proporcionou uma redução da tensão superficial, com exceção dos herbicidas bentazone e fomesafen, comparados com água. Os herbicidas com menor tensão superficial foram imazethapyr e fomesafen+imazethapyr (Tabela 5).

O ângulo de contato foi reduzido nos tratamentos com fomesafen+imazethapyr; imazethapyr; bentazone+imazethapyr e bentazone+fomesafen+imazethapyr respectivamente. Não houve diferença significativa no bentazone; fomesafen; bentazone+fomesafen em comparação com a água, sendo os herbicidas que proporcionaram maior ângulo de contato (Tabela 5).

Também foi observado que o herbicida imazethapyr reduziu a tensão superficial e o ângulo de contato, tanto isolado quanto em mistura com outros herbicidas (Tabela 5). Este resultado demonstra que não houve ineficiência na deposição das caldas no alvo. Mas, os herbicidas bentazone e fomesafen proporcionaram menor espalhamento nas folhas do feijão-caupi.

Tabela 5. Tensão superficial (mNm⁻¹) e do ângulo de contato (θ°) da calda dos herbicidas avaliadas no tempo de 60 segundos. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos (Caldas)	Tempo de leitura (60 segundos)	
	Tensão Superficial	Ângulo de Contato
Água	68,2 b	103,8 a
Bentazone (BTZ)	70,0 b	109,0 a
Fomesafen (FSF)	72,4 a	103,2 a
Imazethapyr (IZT)	32,1 e	72,6 cd
BTZ+FSF	47,2 c	103,3 a
BTZ+IZT	36,1 d	78,4 bc
FSF+IZT	32,4 e	69,7 d
BTZ+FSF+IZT	36,7 d	84,7 b
CV (%)	0,45	0,63

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si para caldas de herbicidas, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Intoxicação inferior a 20% foi observada nas plantas de feijão-caupi submetidas a uma aplicação de herbicidas bentazone e imazethapyr isolados e em mistura (Tabela 6). Estes herbicidas foram os que causaram menor injúria nas plantas tratadas. Porém, quando foram feitas duas aplicações de herbicidas bentazone e imazethapyr isolados e em mistura, foi possível observar a intoxicação superior a 50% (Tabela 6), sendo observada lesões necróticas no limbo foliar, intensa queima e queda das folhas novas e morte de gemas apicais. Também, foi constatada a redução gradativa da intoxicação ao longo das avaliações e o surgimento de brotações e novas folhas, culminando com a recuperação das plantas da ação dos herbicidas.

O fato do herbicida bentazone não causar severa intoxicação nas plantas de feijão-caupi, pode ser atribuído a sua característica, tendo registrado altos valores de pH, condutividade elétrica, viscosidade, tensão superficial e o ângulo de contato, o que dificulta seu espalhamento e absorção pelas folhas das plantas.

As plantas afetadas por herbicidas podem emitir brotações a partir das gemas que não foram afetadas pelos herbicidas, permitindo a emissão de novas folhas, o que garante o crescimento das plantas, uma vez que estas são responsáveis pela maior parte dos assimilados produzidos, necessários ao desenvolvimento dos demais órgãos vegetais, (MONDAL et al., 2011). Resultado semelhante foi encontrado no estudo realizado por MANCUSO et al. (2016), no qual constataram que a aplicação de bentazone ($720 \text{ g i. a. h}^{-1}$), fomesafen ($250 \text{ g i. a. h}^{-1}$) e diclosulam ($21 \text{ g i. a. h}^{-1}$) em feijão-caupi BRS Guariba, com primeiro par de folhas (unifoliadas) e três folhas (trifolhadas), ocasionou injúrias na cultura, porém, detoxificadas de maneira que a cultura se recuperou poucos dias após a aplicação.

O bentazone inibe o fluxo de elétrons fotossintéticos nos cloroplastos de tecidos vegetais sensíveis, reduzindo assim a atividade fotossintética. O estresse oxidativo promovido pelo bentazone danifica as proteínas e as membranas das células fotossintéticas e induz a morte celular em plantas daninhas (RADWAN et al., 2019).

O bentazone, na planta, promove efeito protetor sobre os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) devido à sua atuação no fotossistema II (FSII), reduz a proporção de produção e translocação de fotoassimilados, diminuindo, assim, a taxa de absorção e transporte dos herbicidas ALS no floema da planta (BAUER et al., 1995). Entretanto, foi observado neste estudo que o tratamento com bentazone+imazethapyr, apresentou menor fitointoxicação ao longo das avaliações, independente da aplicação (Tabela 6), o que pode estar relacionado ao efeito protetor a planta.

Por outro lado, o herbicida imazethapyr não causou danos severos à cultura, provavelmente, devido a uma alteração na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), que impede que o herbicida se fixe em seu sítio de ação (ORTIZ et al., 2017). O imazethapyr é um herbicida sistêmico (translocável), diferente do bentazone e fomesafen que são tópicos, e a ação do imazethapyr no feijão-caupi pode ser vista em poucos dias após sua aplicação, devido a rápida translocação e pelo sítio de ação estar localizado nos meristemas das plantas.

Inicialmente, os herbicidas provocaram maiores danos à cultura, independente da aplicação, mas a recuperação das plantas foi observada a partir de

10 DAA (Tabela 6). Este fenômeno se deve, provavelmente, pela rápida ação dos herbicidas nas plantas tratadas, provocada pela metabolização e degradação destes pelas plantas.

O fenômeno acima descrito foi registrado em estudo sobre efeitos da aplicação pós-emergência de bentazon e fomesafen em oito classes de feijão comum, verificando que aplicação de bentazon mais fomesafen causou 0,7-3% de fitointoxicação em doses de 840+140 g ha⁻¹ e 2,7-5,3% de fitointoxicação em doses de 1680+280 g ha⁻¹ aos 14 DAA, assim como, 0-0,6% de lesão visual em doses de 840+140 g ha⁻¹ e 0,5-1,5% de lesão visual em doses de 1680+280 g ha⁻¹ aos 28 DAA, e apesar do aumento da fitointoxicação nos primeiros dias após a aplicação dos herbicidas, as plantas começaram a se recuperar, mostrando redução do porcentual de fitointoxicação (SOLTANI et al., 2006).

Apesar de posterior recuperação, as maiores lesões foram constatadas em plantas tratadas com o fomesafen em ambas as aplicações (Tabela 6), o que pode ser devido à ação deste herbicida que, por ser tópico (contato), promove a peroxidação de lipídios das membranas celulares e morte das plantas sensíveis (VIDAL, 1997). Por outro lado, plantas de feijão-caupi submetidas a duas aplicações de fomesafen, apresentaram maiores sinais de intoxicação (Tabela 6). Entretanto, mesmo em espécies consideradas tolerantes, as plantas submetidas à aplicação de herbicidas inibidores da PROTOX, como o fomesafen e o lactofen, podem exibir injúrias de moderadas a severas após a aplicação destes herbicidas em pós-emergência (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Mas, por se tratar de produtos tópicos (contato), as folhas novas que saem após a aplicação não são afetadas (LINHARES et al., 2014).

A aplicação dos herbicidas no feijão-caupi ocasionou redução da altura de plantas em todas as avaliações, independente da aplicação (Tabela 7). No entanto, plantas submetidas a uma aplicação de bentazone apresentaram maior altura aos 5 (23 cm), 10 (28 cm) e 35 DAA (126 cm). Por sua vez, plantas tratadas com a mistura bentazone+imazethapyr tiveram maior altura aos 15 (58 cm) e 20 DAA (75 cm).

As plantas submetidas ao imazethapyr apresentaram maior altura de plantas aos 5 (77 cm), 10 (84 cm), 15 (107 cm), 20 (90 cm) e 35 (81 cm) DAA em relação aos demais tratamentos, quando realizada as duas aplicações de herbicidas na

cultura (Tabela 7). As plantas tratadas com o herbicida fomesafen tiveram menor crescimento, independente do momento de aplicação. A redução da altura de plantas pelo herbicida fomesafen pode ser reflexo dos danos causados pelo herbicida, como morte de folhas e gemas apicais.

A redução da altura de plantas foi observada em feijão-mungo (*Vigna radiata*) com aplicação de fomesafen em 15 dias após a emergência da cultura, avaliados sete dias após aplicação do herbicida (SILVA et al., 2019). Também houve redução da altura média do feijão-caupi do cultivar BRS-Aracê, quando aplicados os herbicidas fomesafen, bentazone e imazethapyr aos 11 dias após o plantio (DAP) e avaliados aos 0, 7, 14 e 21 DAA, comparados com a testemunha (BANDEIRA et al., 2017).

Tabela 6. Fitointoxicação (%) referente a uma (1 AP) e duas (2 AP) aplicações de herbicidas no feijão-caupi, avaliadas aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos	Fitointoxicação (%)									
	5 DAA		10 DAA		15 DAA		20 DAA		35 DAA	
	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP
Bentazone (BTZ)	7,4 Bb	47,4 Ba	2,5 Bb	47,1 Ca	3,5 Cb	23,7 Ca	3,7 Cb	23,5 Ca	3,4 Db	30,8 Ba
Fomesafen (FSF)	47,0 Ab	55,7 Aa	37,1 Ab	65,7 Aa	40,2 Aa	38,2 Ba	30,7 Ab	62,8 Aa	38,2 Ab	68,8 Aa
Imazethapyr (IZT)	6,2 BCb	50,5 ABa	2,5 Bb	34,2 Da	4,2 Cb	20,1 Ca	3,1 Cb	38,8 Ba	3,2 Db	18,5 BCa
BTZ+FSF	47,7 Aa	50,2 ABa	37,5 Ab	53,4 BCa	28,5 Bb	44,5 ABa	13,5 Bb	30,0BCa	20,7 ABa	17,8 Ca
BTZ+IZT	5,0 Cb	49,7 ABa	2,2 Bb	34,8 Da	3,2 Cb	18,5 Ca	2,8 Cb	22,8 Ca	3,8 Db	18,8 BCa
FSF+IZT	50,0 Aa	49,2 ABa	34,7 Ab	57,8 ABa	23,5 Bb	57,8 Aa	13,5 Bb	57,8 Aa	12,8BCb	59,2 Aa
BTZ+FSF+IZT	47,1 Aa	48,1 Ba	35,1 Ab	47,1 Ca	21,7 Bb	43,1 ABa	12,1 Bb	41,0 Ba	8,5 Cb	29,2 Ba
CV (%)	10,02		12,37		25,01		25,60		13,91	

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as aplicações, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Tabela 7. Altura da planta referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliadas aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos	Altura da planta (cm)									
	5 DAA		10 DAA		15 DAA		20 DAA		35 DAA	
	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP
Testemunha	26,7 Ab	102,4 Aa	28,7 Ab	112,4 Aa	65,1 Ab	121,0 Aa	86,8 Ab	104,1 Aa	132,4 Aa	99,1 Ab
Bentazone (BTZ)	23,4 Ba	22,2 Ga	28,1 Ab	45,2 Ea	39,4 Db	68,0 Ca	70,1 Cb	73,7 Ca	125,8 Ba	68,0 Cb
Fomesafen (FSF)	17,8 Cb	23,1 Ga	20,0 Cb	28,0 Ga	21,4 Gb	25,7 Ha	27,5 Ga	24,0 Hb	56,7 Ga	18,2 Hb
Imazethapyr (IZT)	21,0 BCb	77,0 Ba	27,5 Ab	84,5 Ba	42,1 Cb	107,2 Ba	64,7 Db	90,7 Ba	98,7 Da	81,8 Bb
BTZ+FSF	21,2 BCb	33,1 Ea	20,5 Cb	38,1 Fa	28,0 Fb	43,8 Ga	32,8 Fb	46,0 Ga	87,0 Ea	29,0 Gb
BTZ+IZT	23,1 Bb	64,8 Ca	26,0 Bb	61,7 Ca	57,7 Ba	46,2 Fb	74,7 Ba	48,8 Fb	101,4 Ca	52,4 Db
FSF+IZT	18,7 Cb	28,2 Fa	21,0 Cb	37,7 Fa	28,2 Fb	59,7 Ea	33,0 Fb	61,7 Ea	67,4 Fa	37,8 Fb
BTZ+FSF+IZT	19,5 Cb	42,8 Da	22,2 Cb	54,7 Da	31,8 Eb	65,1 Da	57,2 Eb	67,2 Da	88,4 Ea	42,0 Eb
CV (%)	3,58		2,09		2,11		3,75		2,31	

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as aplicações, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

A aplicação dos herbicidas no feijão-caupi proporcionou variações no número de folhas na cultura, independente do momento da aplicação (Tabela 8). Observou-se o maior número de folhas em plantas submetidas aos herbicidas bentazone e imazethapyr isolados e em mistura. As plantas submetidas ao fomesafen apresentaram menor número de folhas (Tabela 8), devido a ação do herbicida. Após duas aplicações de herbicidas na cultura, observou-se a redução gradativa do número de folhas até aos 35 DAA. Entretanto, a redução do número de folhas em plantas do feijão-caupi e posterior recuperação, se deu pela queima e consequente queda (abortamento) de folhas provocada pela ação dos herbicidas.

A aplicação dos herbicidas afetou negativamente o diâmetro do caule das plantas, tendo sido menor em plantas tratadas com fomesafen, independentemente da época de avaliação (Tabela 9). Verificou-se o aumento do diâmetro do caule em todos os tratamentos a partir dos 15 DAA, apesar das plantas do feijão-caupi terem sido afetadas pelos herbicidas, o que provavelmente se deve à recuperação das plantas expostas aos herbicidas. Após duas aplicações de herbicidas imazethapyr e bentazone isolados e em mistura no feijão-caupi, foi observado maior diâmetro do caule nas plantas tratadas.

Resultado diferente foi encontrado por Silva et al. (2019), ao estudarem a seletividade de herbicidas em pós-emergência na cultura do feijão mungo-verde (*Vigna radiata*), quando verificaram que o bentazone e fomesafen não causaram a redução do diâmetro do caule e o número de trifólios, quando aplicados em 30 dias após a emergência da cultura, em doses de 600 g i. a. ha⁻¹ e 250 g i. a. ha⁻¹, respectivamente, indicando a recuperação das plantas.

Tabela 8. Número de folhas referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliados aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos	Número de folhas									
	5 DAA		10 DAA		15 DAA		20 DAA		35 DAA	
	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP
Testemunha	4,7 Ab	8,2 ABa	5,4 Ab	9,0 Ba	7,0 ABb	9,7 ABa	7,5 CDb	7,5 Db	9,1 ABa	5,8 Cb
Bentazone (BTZ)	3,8 ABb	8,7 ABa	5,0 Ab	10,8 Aa	6,1 BCb	8,7 ABa	7,7 CDb	13,7 Aa	10,7 Aa	6,8 Cb
Fomesafen (FSF)	2,1 Cb	6,1 Ca	2,0 Bb	7,0 Ca	3,7 Db	6,1 Da	7,0 Da	6,2 Da	8,2 Ba	5,7 Cb
Imazethapyr (IZT)	4,0 ABb	9,4 Aa	5,4 Ab	7,7 BCa	6,2 BCb	7,5 BCa	10,5 Ab	12,8 ABa	10,4 ABa	8,7 Bb
BTZ+FSF	2,2 Cb	8,2 ABa	2,2 Bb	6,7 Ca	5,0 CDb	7,7 BCa	8,5 BCb	10,7 Ca	10,2 ABa	8,5 Bb
BTZ+IZT	3,5 Bb	7,5 BCa	5,0 Ab	7,4 BCa	8,7 Aa	7,8 BCa	10,1 Aa	10,8 Ca	10,5 ABa	11,7 Aa
FSF+IZT	2,2 Cb	8,0 ABa	2,0 Bb	7,2 Ca	5,0 CDb	7,2 CDa	7,8 CDa	6,2 Db	9,2 ABa	6,7 Cb
BTZ+FSF+IZT	2,4 Cb	9,0 Aa	2,4 Bb	8,1 BCa	7,2 ABb	10,7 Aa	9,0 ABb	11,1 BCa	11,1 Aa	11,7 Aa
CV (%)	14,99		13,91		18,01		11,29		13,83	

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as aplicações, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Tabela 9. Diâmetro do caule referente a uma aplicação (1 AP) e duas aplicações (2 AP) de herbicidas no feijão-caupi, avaliados aos 5, 10, 15, 20 e 35 dias após a aplicação (DAA). UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos	Diâmetro do caule (mm)									
	5 DAA		10 DAA		15 DAA		20 DAA		35 DAA	
	1 AP	2AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP
Testemunha	4,07 Ab	5,68 Aa	5,30 Ab	6,2 ABa	5,8 Ab	6,6 Ba	6,5 Ab	6,8 BCa	6,8 Ab	7,1 Ca
Bentazone (BTZ)	3,48 Bb	4,91 Ea	4,57 Bb	5,5 Da	4,9 BCb	5,5 Ca	5,4 Cb	6,8 BCa	5,9 Eb	7,2 BCa
Fomesafen (FSF)	3,34 BCb	4,34 Fa	3,80 Eb	5,1 Ea	4,4 EFb	5,6 Ca	4,9 DEb	6,0 Da	6,5 BCa	6,5 Ea
Imazethapyr (IZT)	3,52 Bb	5,30CDa	4,38 Cb	6,0 BCa	4,9 Bb	6,6 Ba	5,4 Cb	6,8 BCa	6,6 Bb	7,2 BCa
BTZ+FSF	3,15CDb	5,18 Da	3,82 Eb	5,8 Ca	4,2 Fb	6,5 Ba	4,8 Eb	6,7 Ca	6,1 Db	7,0 Da
BTZ+IZT	3,40 Bb	5,50 Ba	4,17 Db	6,2 ABa	4,8 CDb	6,8 Aa	5,7 Bb	7,0 Aa	6,4 Cb	7,3 ABa
FSF+IZT	3,40 Bb	5,40 BCa	4,28CDb	6,0 BCa	4,7 Db	6,6 Ba	5,4 Cb	6,8 BCa	6,0 DEb	7,3 ABa
BTZ+FSF+IZT	3,00 Db	5,20 Da	3,77 Eb	6,1 ABa	4,5 Eb	6,6 Ba	5,1 Db	7,0 Aa	6,8 Ab	7,1 Ca
CV (%)	2,40		1,61		1,45		2,27		1,17	

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as aplicações, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

O número total de vagens por planta foi maior em plantas submetidas a uma aplicação de bentazone e mistura de bentazone+fomesafen+imazethapyr em comparação com a testemunha que não recebeu herbicidas, não havendo diferença significativa. No entanto, os demais tratamentos foram significativos comparados com a testemunha (Tabela 10). A aplicação da mistura de bentazone+imazethapyr nas plantas do feijão-caupi, não ocasionou redução no comprimento médio da vagem para ambas aplicações, mas o menor comprimento médio da vagem foi observado nas plantas aplicados aos demais tratamentos (Tabela 10).

Exceto a testemunha (que não recebeu aplicação), todos os tratamentos aplicados reduziram o número médio de grãos por vagem e a massa seca média da vagem do feijão-caupi (Tabela 10). A massa seca média de grãos por vagem e a produtividade estimada foram reduzidas com aplicação de todos os tratamentos, exceto a mistura de bentazone+fomesafen+imazethapyr que não diferiu da testemunha (Tabela 10).

O estudo conduzido por Lima et al. (2018), sobre o potencial fotossintético e produtividade de feijão carioca sob efeito de herbicidas aplicados aos 23 dias após a emergência da cultura, demonstrou que os herbicidas bentazone, fomesafen, fluazifop-p-butil e fluazifop-p-butil+fomesafen, reduziram o número de vagens por planta, mas não influenciaram o número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade de grãos, não corroborando, o presente trabalho.

A seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do feijão-caupi na savana Amazônica foi avaliada por Cruz et al. (2018), que observaram que o herbicida imazethapyr não influenciou o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, tendo contribuído para a redução da produtividade, assim como o herbicida bentazone e fomesafen reduziram a produtividade da cultura. No entanto, a redução nos parâmetros acima citados pode ser reflexo das injúrias causadas pelos herbicidas, como a perda de folhas e o atraso para atingir a fase reprodutiva.

Tabela 10. Número total de vagens por planta (NTVP), comprimento médio da vagem (CMV), número médio de grãos por vagem (NMGV), massa seca média da vagem (MSMV), massa seca média de grãos por vagem (MSMGV) e produtividade estimada (PROD est) em uma (1 AP) e duas (2 AP) aplicações de herbicidas no feijão-caupi. UNESP. Jaboticabal-SP, 2021.

Tratamentos	NTVP (un. pl ⁻¹)		CMV (cm vg ⁻¹ pl ⁻¹)		NMGV (un. pl ⁻¹)		MSMV (g pl ⁻¹)		MSMGV (g pl ⁻¹)		PROD est (kg ha ⁻¹)	
	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2 AP	1 AP	2AP
Testemunha	6,0 Aa	6,0 Aa	22,4 Aa	22,4 Aa	96,0 Aa	96,0 Aa	48,3 Aa	48,3 Aa	23,1 Aa	23,1 Aa	2606 Aa	2606 Aa
BTZ	5,0 ABa	3,0 Bb	19,1 Ba	17,3 BCb	68,7 BCa	47,3 Bb	35,6 Ba	22,6 Bb	16,6 Ba	10,9 Bb	1880 Ba	1227 Bb
FSF	2,0 Da	1,0 Da	12,7 Da	10,9 Db	20,1 Ea	13,0 Db	2,9 Ea	1,6 Fb	1,9 Ea	1,3 Fa	211 Ea	147 Fa
IZT	3,0 Ca	2,0 Cb	16,9 Ca	15,9 Cb	53,6 CDa	27,6 Cb	20,1 Ca	10,4 Db	12,9 BCa	6,3 CDb	1459 BCa	709 CDb
BTZ+FSF	3,0 Ca	2,0 Cb	13,3 Da	11,6 Db	40,9 Da	30,1 Cb	8,1 Da	5,7 Eb	6,4 Da	3,5 Eb	721 Da	398 Eb
BTZ+IZT	4,0 BCa	2,0 Cb	23,0 Aa	22,3 Aa	60,7 BCa	32,6 Cb	29,4 Ba	15,8 Cb	15,3 BCa	8,3 BCb	1732 BCa	936 BCb
FSF+IZT	4,0 BCa	2,0 Cb	18,1 BCa	17,4 Ba	57,6 BCa	32,1 Cb	15,9 Ca	8,4 DEb	11,4 Ca	5,5 Db	1294 Ca	626 Db
BTZ+FSF+IZT	5,0 ABa	2,0 Cb	18,0 BCa	17,3 BCa	72,4 Ba	25,1 Cb	37,8 Ba	12,2 CDb	22,4 Aa	7,1 CDb	2536 Aa	807 CDb
CV (%)	18,25		5,42		13,08		11,48		14,03		8,64	

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença para caldas de herbicidas e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre as aplicações, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. BTZ= bentazone, FSF= fomesafen, IZT= imazethapyr, CV= coeficiente de variação, un. = unitário, pl⁻¹ = planta, vg⁻¹ – vagem.

O número total de vagens por planta referente a duas aplicações de herbicidas no feijão-caupi, foi reduzido em todos os tratamentos aplicados. Entretanto, o fomesafen proporcionou menor número total de vagens por planta de feijão-caupi (Tabela 10). O comprimento médio da vagem foi reduzido com aplicação dos herbicidas, mas quando aplicada a mistura de bentazone+imazethapyr esta não afetou o comprimento nas vagens em comparação com a testemunha. O número médio de grãos por vagem, a massa seca média da vagem, massa seca média de grãos por vagem e a produtividade estimada foram reduzidos pela ação de todos os tratamentos aplicados, comparados com a testemunha (Tabela 10).

As características, número total de vagens por planta, comprimento médio de vagem, número médio de grãos por vagem, massa seca média da vagem, massa seca média de grãos por vagem e produtividade estimada do feijão-caupi, foram mais afetadas pela ação do herbicida fomesafen, tanto com uma quanto com duas aplicações no feijão-caupi (Tabela 10). Portanto, este resultado sugere que cultivar “BRS Pujante” é sensível à aplicação isolada dos herbicidas bentazone, fomesafen e imazethapyr utilizados no presente estudo.

Resultado semelhante foi encontrado por Linhares et al. (2014) em estudo sobre o crescimento de feijão-caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e bentazone+imazamox, no qual constataram que o herbicida fomesafen proporcionou menor número de vagens por planta, número de grãos por planta e produtividade. Também foi verificado prolongamento no ciclo produtivo do feijão-caupi aplicado ao fomesafen isolado e em mistura com fluazifop-p-butil para controle de plantas daninhas, e redução no rendimento da cultura (SOUZA et al., 2020).

As plantas submetidas às duas aplicações de herbicidas foram mais afetadas com sinais de intoxicação, ocasionando redução no número total de vagens por planta, comprimento médio da vagem, número médio de grãos por vagem, massa seca média da vagem, massa seca média de grãos por vagem e produtividade estimada de feijão-caupi, em relação as plantas submetidas apenas a uma aplicação de herbicidas (Tabela 10). De acordo com os resultados do presente estudo, o uso da mistura de bentazone+fomesafen+imazethapyr é o mais indicado dentre os herbicidas estudados, para aplicação em áreas de cultivo do feijão-caupi, por ser o

tratamento que não afetou a produtividade, quando realizado uma aplicação de herbicidas no feijão-caupi.

O bentazone e o imazethapyr, apesar de causarem leve intoxicação à cultura do feijão-caupi, não foram seletivos para a cultura, uma vez que suas ações reduziram os parâmetros acima citados. Para isso, é importante salientar que os herbicidas podem não ser capazes de causar severas injúrias visuais às culturas, mas podem afetar significativamente a produção.

6. CONCLUSÕES

Propriedades físico-químicas, tais como formação de grumos e espuma, pH, condutividade elétrica, viscosidade, tensão superficial e ângulo de contato das gotas, podem ser alteradas quando a calda é preparada com os herbicidas bentazone, fomesafen e imazethapyr, isolados e em mistura.

A mistura dos herbicidas bentazone+fomesafen+imazethapyr, aplicada no estágio de duas a quatro folhas compostas totalmente expandidas, apresenta seletividade para a cultura do feijão-caupi “BRS Pujante”, mesmo com sintomas de intoxicação persistentes e alteração na altura de plantas até 35 dias após a aplicação.

Em geral, a aplicação de tratamentos com herbicidas a base de bentazone, fomesafen e imazethapyr, isolados e em mistura, em dois estágios de crescimento (2-4 e 6-8 folhas compostas totalmente expandidas), reduz variáveis de crescimento e produção do feijão-caupi “BRS Pujante”.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). NBR 13875. Agrotóxico - Avaliação de Compatibilidade Físico-Química. Rio de Janeiro.
- ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (2021). Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Agrotoxicos-Herbicidas/>. Acesso: 04/04/2021.
- ADDY, S. N.T.T.; CICHY, K. A. .; ADU-DAPAAH, H.; ASANTE, I. K. .; EMMANUEL, A.; OFFEI, S. K. Genetic Studies on the Inheritance of Storage-Induced Cooking Time in Cowpeas [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 444, p. 1–9, 2020.
- AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitário. [Consulta de produtos formulados]. 2022. Português. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: 18/01/2022.
- AKIBODE, S.; MAREDIA, M. **Global and Regional Trends in Production, Trade and Consumption of Food Legume Crops**. Department of Agricultural, Food and Resource Economics: Michigan State University, p. 1–83, 2012.
- ARAÚJO, J. P. P. Morfologia: Estágios de Crescimento e Desenvolvimento do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In Curso de Treinamento para Pesquisadores de Feijão-Caupi, 1., 1979, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1979 p. 1-19.
- ARAÚJO, J. L. P. **Relatório de Avaliação dos Impactos de Tecnologias Geradas pela Embrapa**: Cultivar de Feijão Caupi BRS Pujante. Embrapa, 2020.
- ARCE, G. D.; PEDERSEN, P.; HARTZLER, R. G. Soybean Seeding Rate Effect on Weed Management. **Weed Technology**, v. 23 n. 1, p. 17-22, 2009.
- ASSUNÇÃO, I.P.; LISTIK, A.F.; BARROS, M.C.S.; AMORIN, E. P. R. .; SILVA, S.J.C.; SILVA, I. O.; RAMALHO-NETO, C.E.; LIMA, G. S. A. Diversidade Genética de Begomovirus que Infectam Plantas Invasoras na Região Nordeste. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 239–244, 2006.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **Experimentação Agronômica & Agroestat** – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. p. 396, 2015.
- BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA, F. A. .; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E. .; SILVA, S. A. Cultivo de Feijão-Caupi em Latossolos sob o Efeito Residual da Adubação Fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 109–115, 2014.

- BOUCAR, O.; BELKO, N.; CHAMARTHI, S.; TOGOLA, A.; BATIENO, J.; OWUSU, E.; HARUNA, M.; DIALLO, S.; UMAR, M. L.; OLUFAJO, O.; FATOKUN, C. Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, Genomics and Breeding. **Plant Breeding**, v. 138, n. 4, p. 415-424, 2019.
- CARLSON, K.L.; BURNSIDE, O.C. Comparative Phytotoxicity of Glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, v. 32, n. 6, p. 841-884, 1984.
- CARVALHO, S.J.P. **Características Biológicas e Suscetibilidade a Herbicidas de Cinco Espécies de Plantas Daninhas do Gênero *Amaranthus***. 2006. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- CARVALHO, S. J. P. **Características Biológicas de Plantas Daninhas do Gênero *Amaranthus***. Livro Manejo de *Amaranthus*. São Carlos, Ed. RiMa, 2015. 212 p.
- CARVALHO, L. B. **Herbicidas**, (1ª Ed.), Lages-SC, 2013.
- CASTRO, T. S.; ROCHA, P. R. R. .; BARRETO, G. F.; MAIA, S. S.; ALBUQUERQUE, J. A.A.; ALVES, J. M. A. Weed Interference in Semi-erect and Semi-prostrate Cowpea Cultivars. **Planta Daninha**, v. 37, n. e019196146, p. 1–9, 2019.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-EVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; VARGAS, L.; CARVALHO, S. J. P.; CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C.; MOREIRA, M. S. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 3. ed. HRAC-BR: Piracicaba, 2008. 120 p.
- COHEN, J. I.; WILLIAMS, J. T.; PLUCKNETT, D. L.; SHANDS, H. Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources: Global Development and Environmental Concerns. **Science**, Washington, v. 253, n. 5022, 1991.
- CORRÊA, M. J. P.; ALVES, G. L.; ROCHA, L. G. F.; SILVA, M. R. M. Períodos de Interferência de Plantas Daninhas na Cultura do Feijão-Caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 50-56, 2015.
- COSTA, L. L.; SANTOS, T. C. M.; ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. C.; LEÃO-ARAÚJO, É. F.; TIMOSSI, P. C. Compatibilidade Físico-Química de Diferentes Doses e Misturas de Herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3. 2020.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da Temperatura nas Características Físico-Químicas de Soluções Aquosas com Adjuvantes de Uso Agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.
- DAMASCENO-SILVA, K. J. Produção, avanços e desafios para cultura do feijão-caupi no BRASIL. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2;

REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7., 2009, Belém, PA. Da Agricultura de Subsistência ao Agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CDROM.

DECARO JR, S.T.; FERREIRA, M.C.; LASMAR, O. Physical Characteristics of Oily Spraying Liquids and Droplets Formed on Coffee Leaves and Glass Surfaces. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 588-600, 2015.

DIAS, C. de C. **Paiuhy: Das Origens a Nova Capital**. Teresina: Nova Expressão, 2008. p. 324-333.

DIAS, L. R. C; SANTOS, A. R. B. ; PAZ FILHO, E. R; SILVA, P. H. S; SOBRINHO, C.A. Óleo Essencial de *Lippia sidoides* Cham (alecrim-pimenta) no Controle de *Macrophomina phaseolina* em Feijão-Caupi. **Rev. Cub. Plant. Med**, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2019.

DONÇA, M. C. B. **Seleção Precoce para Caracteres dos Grãos no Melhoramento do Feijão-Caupi**. 2012. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FAOSTAT, Food and Agriculture Data. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 10/10/2021.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de Ação de Herbicidas. In: **V Congresso Brasileiro de Algodão**, Anais.... Salvador, p 1-4, 2005.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. Tolerância do Feijão-Caupi ao Herbicida Oxadiazon. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 40, n. 1, p. 110-115, 2010.

FONTES, J. R. R.; OLIVEIRA, I. J.; GONÇALVES, J. R. P. Seletividade e Eficácia de Herbicidas para Cultura do Feijão-Caupi. **Rev. Bras. Herb.**, v.12, n.1, p.47-55, 2013.

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; MORAIS, R. R. **Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Feijão-Caupi**. Controle Cultural em Cultivares de Porte Prostrado e Semiprostrado. Circular Técnica 65 - Embrapa, p. 1-7, 2017.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços Tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 519, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D. ; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Produção , Melhoramento Genético e Potencialidades do Feijão-Caupi no Brasil. **IV Reunião de Biofortificação**, v. 1894, n. 1, p. 1–21, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, **Evolução e Domesticação do Caupi**. O caupi no

Brasil., p. 26–46, 1988.

FREITAS, F. C.L.; MEDEIROS, V. F. L. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, M. G. O.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; NUNES, G. H. Interferência de Plantas Daninhas na Cultura do Feijão-Caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241–247, 2009a.

FREITAS, F. C. L. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Bélem. **Anais...** [recurso eletrônico] Belém: 2009b.

GALON, L.; WINTER, F. L.; FORTE, C. T.; AGAZZI, L. R.; BASSO, F. J. M. .; HOLZ, C. M.; PERIN, G. F. Associação de Herbicidas para o Controle de Plantas Daninhas em Feijão do Tipo Preto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 268–278, 2017.

GANDAVO, P. DE M. Tratado da Terra do Brasil. **Tratado Segundo: Das Coisas que são Gerais por Toda Costa do Brasil**. Capítulo Quarto. Dos Mantimentos da Terra. Edição do Senado Federal, v. 100, p. 59–60, 2008.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de Agrotóxicos em Tanques nas Propriedades Agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GERRANO, A. S; RENSBURG, W. S. J. V; VENTER, S. L; SHARGIE, N. G; AMELEWORK, B. A; SHIMELIS H. A. Selection of Cowpea Genotypes Based on Grain Mineral and Total Protein Content. **Acta Agr. Sc. Sec. B — Soil & Plant Sci.**, v. 69, n. 2, p. 155-166, 2019.

GONÇALVES NETTO, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; BORGATO, E.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência Múltipla de *Amaranthus palmeri* aos Herbicidas Inibidores da ALS e EPSPS no Estado do Mato Grosso, Brasil. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 581-587, 2016.

GRIGOLLI, J. F. J.; GITTI, D. C.; LOURENÇÃO, A. L. F. Controle de Plantas de Soja e Supressão do Capim em Milho Consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, n. 1, p. 1-7, 2017.

HARDER, D. B.; SPRAGUE, C. L.; RENNER, K. A. Effect of Soybean Row Windth and Population on Weed, Crop Yield and Economic Return. **Weed Tchnology**, v. 21 n. 3, p. 744-752, 2007.

ISHAYA, D. B.; TUNKU, P.; YAHAYA, M. S. Effect of Pre-Emergence Herbicide Mixtures on Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) at Samaru, in Northern Nigeria. **Crop Protection**, v. 27, p. 1105–1109, 2008.

KLAR, A. E.; PEREIRA, M. R. R. .; MARTINS, D. Potenciais Hídricos no Solo Sobre a Eficácia de Herbicidas em *Cenchrus echinatus* L. **Irriga**, p. 123–138, 2015.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para Caldas de Produtos Agrotóxicos. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. Palestras e Mesas Redondas... Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

KISSMANN, K. G. & GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2.ed. São Paulo, SP. BASF, 1999., v.2. 978 p.

LACERDA, M. L.; ASPIAZÚ, I.; CARVALHO, A. J.; SILVA, A. F. .; FERREIRA, E. A.; SOUZA, A. A. .; CAMPOS, M. L.; BRITO, C. F. B. Periods of Weed Interference in Cowpea Crop in the Semi-Arid of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Ciencias Agrarias**, v. 15, n. 6749, p. 1–6, 2020.

LIMA, R. S. **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Município de Vitória da Conquista-Ba**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2014. (Dissertação - Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

LINHARES, C. M. S.; FREITAS, F. C. L.; SILVA, K. S.; LIMA, M. F. P. .; DOMBROSKI, J. L. D. Crescimento do Feijão-Caupi sob Efeito dos Herbicidas Fomesafen e Bentazon+Imazamox. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 41–49, 2014.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas** (3ed). Nova Odessa: Instituto Plantarum, 608 p. 2000. ISBN: 8586714276.

LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas** (4ed., 640p). Nova Odessa: Plantarum. 2008.

MACHADO, A.F.L.; CAMARGO, A.P.M.; FERREIRA, L.R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G. Misturas de Herbicidas no Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Feijão. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 107-114, 2006.

MAFRA, R. C. Contribuição ao Estudo de "Feijão Massacar": Fisiologia, Ecologia e Tecnologia de Produção. In CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE FEIJÃO-CAUPI, 1., 1979, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979. p. 1-39.

MANCUSO, M. A. C.; AIRES, B. C.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; SORATTO, R. P. Seletividade e Eficiência de Herbicidas no Controle de Plantas Daninhas na Cultura do Feijão-Caupi. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 025–032, 2016.

MARCHIORETTO LR.; MAGRO TD. Weed Control and Crop Selectivity of Post-Emergence Herbicides in Common Beans. **Ciê. Rural**, v. 47, n. 3, p.e20160295, 2017.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J. **Solos e Adubação: Cultivo de Feijão-Caupi**. Sistemas de Produção EMBRAPA, 2ª edição, 2017. Disponível:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071735/1/SistemaProducaoCaupiCapituloSolosAdubacao.pdf> . Acesso em: 02/10/2020.

MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; FREIRE FILHO, F. R. Eficácia e Seletividade de Herbicidas em Cultivares de Feijão-Caupi. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.1, p.50-59, 2017.

MONDAL MMA.; FAKIR MSA.; ISMAIL MR.; ASHRAFUZZAMAN M. Effect of Defoliation on Growth, Reproductive Characters and Yield in Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Aus.Jour. of Crop Sc**, v. 5, n. 8, p. 987-992, 2011.

MURPHY, G. Water pH and its Effect on Pesticides. Ontario: Ministry of Agriculture and Food, 2004. Disponível em: <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/hort/news/grower/2004/08gn04a1.htm>. Acesso em: 17/03/2020.

OHLSON, E. W.; TIMKO, M. P. Race Structure of Cowpea Witchweed (*Striga gesnerioides*) in West Africa and its Implications for Striga Resistance Breeding of Cowpea. **Weed Science**, v. 68, p. 125-133, 2020.

OLIVEIRA, J. T. S. Seleção de Genótipos Tradicionais e Melhorados de Feijão-Caupi Adaptados à Região Semiárida Piauiense. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - **Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí**, Teresina, 67 f. 2008.

OLIVEIRA, O. M. S.; SILVA, J. F.; GONÇALVES, J. R. P.; KLEHM, C. S. Período de Convivência das Plantas Daninhas com Cultivares de Feijão-Caupi em Várzea do Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p.523-530, 2010.

OLIVEIRA, M.B.; ALVES, P.F.S.; TEIXEIRA, M.F. F.; SILVA, H.D.; SÁ, R.R.; CAMPOS, R.G.C.; et al.. Fitotoxicidade de Herbicidas Aplicados em Diferentes Épocas em Pós-Emergência do Feijão-Caupi. **Revista Unimontes Científica**, v.15, n.1, p. 62-70, 2013.

OLIVEIRA JR., R. S. de; INOUE, M. HIROKO. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S. DE; INOUE, J. C. AND M. H. (Ed.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 1. ed. Curitiba (PR): Omnipax, p. 348, 2011.

OLIVEIRA SC.; PERES LRS.; HIJANO N.; ALVES PLCA. Period of Weed Interference in Bean with Nitrogen Fertilizer. **Jour. of Agri. Scie.**,v. 11, n. 5, p. 381-387, 2019.

OPARAEKE, A. M; DIKE, M. C; AMATOBI, C. I. Field Evaluation of Extracts of Five Nigerian Spices for Control of Post Flowering Insect Pests of Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Plant Protec. Sci.**, v. 41, n. 1, p. 14-20, 2018.

- ORTIZ, A.; PÉREA, P.; ANZALONE, A.; ZAMBRANO, C.; TORRES, S.; QUINTANA, Y. Resistencia de *Fimbristylis littoralis* Gaudich a Imazapir+Imazetapir y su Control con otros Herbicidas en el Cultivo de Arroz. **Bioagro**, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2017.
- PASQUET, R. S. Allozyme Diversity of Cultivated Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Walp. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 101, p. 211-219, 2000.
- PASQUET, R. S.; FELEKE, Y.; GEPTS P. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Maternal Lineages, Chloroplast Captures, and Wild Cowpea Evolution. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 68, p. 2799-212, 2021.
- PENCKOWSKI, L. H.; MASCHIETTO, E. Suspeita de *Amaranthus hybridus* Resistente ao Herbicida Glyphosate. **Revista FABC**. 35ª edição, p. 20-21, 2019.
- PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade Física de Misturas entre Herbicidas e Inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449- 457, 2012.
- PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade Física de Misturas entre Inseticidas e Fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.
- PIRES, F. R.; , SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação de Solos Contaminados com Herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p.335-341, 2003.
- PITELLI, R. A. Competição e Manejo em Culturas Anuais. **A Granja**, Porto Alegre, 1981.
- PITELLI, R.A., DURIGAN, J.C. Terminologia para Períodos de Controle e Convivência das Plantas Daninhas em Culturas Anuais e Bianaúais. IN: **CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS**, 15, 1984, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: SBHDE, 1984.
- PITELLI, R. A. **Interferência de Plantas Daninhas em Culturas Agrícolas**. Informe Agropecuário, 1985.
- RADWAN, D. E. M; MOHAMED, A. K; FAYEZ, K. A; ABDELRAHMAN; A. M. Oxidative Stress Caused by Basagran® Herbicide is Altered by Salicylic Acid Treatments in Peanut Plants. **Heliyon**, v. 5, n. 5, p. e01791, 2019.
- RAMOS, L.R.M.; PITELLI, R.A. **Efeitos de Diferentes Períodos de Controle da Comunidade Infestante Sobre a Produtividade da Cultura do Milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, p.1523-1531, 1994.
- RAY, T.B. Site of Action of Chlorsulfuron Inhibitor of Valine and Isoleucine

- Biosynthesis in Plants. **Plant Physiology**, Los Angeles, v. 75, p. 6-13, 1984.
- RHEINHEIMER, D.S.; SOUZA, R.O. Condutividade Elétrica e Acidificação de Águas Usadas na Aplicação de Herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000
- RIBEIRO, R. P.M.; COSTA, L. L.; ARAÚJO, E. F. L.; OLIVEIRA, A. Compatibilidade Físico-Química de Caldas Fungicidas e Adjuvantes. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 5, p. 35-41, 2021.
- ROCHA, F. M. R.; MOUSINHO, S. F.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, S. M. S.; BEZERRA, A. A. de C. Aspectos da Biologia Floral do Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Avanços Tecnológicos no Feijão-Caupi. In **REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CAUPI**, 5., 2001, Teresina. Avanços Tecnológicos no Feijão-Caupi: Anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 27-29, 2001. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).
- ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARAS, L.; HALL, L. Como Funcionam os Herbicidas: Da Biologia à Aplicação. **Passo Fundo**: Berthier, p. 160, 2007.
- SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; MATTOS, E. D.; MARTINS, J. F.; HERNANDEZ, D. D. Períodos de Interferência das Plantas Daninhas na Cultura do Algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.373-379, 2002.
- SANTOS, C. A. F.; SILVA NETO, M. F.; BEZERRA, J. C. **Feijão-Caupi BRS-Pujante**: Cultivar para Áreas Irrigada e de Sequeiro do Vale do São Francisco. Embrapa Semi-Árido, 2007.
- SBCPD - **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**. Procedimentos para Instalação, Avaliação e Análise de Experimentos com Herbicidas. Londrina, 1995. 42p.
- SILVA, J. B. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NUNES, R. P.; PINHO, J. L. N.; CAVALCANTE JÚNIOR, A.T. Controle de Plantas Daninhas em Feijão-de- Corda em Sistema de Semeadura Direta. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 151-157, 2003.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas. Viçosa, MG: **Universidade Federal de Viçosa**, p. 367, 2007.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, F. R.; SANTOS, J. B. Métodos de Controle de Plantas Daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa: Editora UFV, p. 367, 2007.
- SILVA, J. F.; ALBERTINO, S. M. F. Manejo de Plantas Daninhas. In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do Feijão-Caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, p. 223-243, 2009.

- SILVA, V. P.; FERREIRA, L. R.; D'ANTONINO, L.; CARNEIRO, J. E. .; SILVA, G. R.; FONTES, D. R. Efficiency and Soil Residual Effect of Herbicides in Bean Culture. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 961–970, 2013.
- SILVA, K.S.; FREITAS, F.C.L.; SILVEIRA L.M.; LINHARES, C.S.; CARVALHO, D.R.; LIMA, M.F.P. Eficiência de Herbicidas para a Cultura do Feijão-Caupi. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 197-205, 2014.
- SILVA GC; MAGALHÃES RC; SOBREIRA AC; SCHMITZ R; SILVA LC. Rendimento de Grãos Secos e Componentes de Produção de Genótipos de Feijão-Caupi em Cultivo Irrigado e de Sequeiro. **Rev. Agro@. on-line**, v. 10, n. 4, p. 342-350, 2016.
- SILVA EC; VIÇOSI KA; OLIVEIRA LAB; GALVÃO CS; FERREIRA NCF. Seletividade de Herbicidas em Pós-Emergência na Cultura do Feijão Mungo-Verde. **Rev. Bras. de Ciên. Agr.**,v. 14, n. 1, p. 1-5, 2019.
- SOLTANI N; SHROPSHIRE C.; SIKKEMA PH. Effects of Post-Emergence Application of Bentazon and Fomesafen on Eight Market Classes of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Crop Protect.**, v. 25, n. 8, p. 826-830, 2006.
- SOUZA, G. de. Em que se Apontam os Legumes que se Dão na Bahia. In: SOUZA, G. de. Notícias do Brasil. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 1974. p. 94-95.
- SOUZA FR.; BARBOSA ES.; MARTINS LC.; BORELLA J.; MACHADO AFL. Herbicide Weed Control – Induced Differential Tolerance and Productivity in Cowpea Plants. **Biosc. Jour**, v. 36, n. 3, p. 865-875, 2020.
- SWANTON, C.J.; WEISE, S.F. Integrated Weed Management: The Rationale and Approach. **Weed Technology**, v.5, p.657- 663, 1991.
- VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.D. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: **22 Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, Foz do Iguaçu. Anais, Foz do Iguaçu, Anais, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p.148-164, 2000.
- VIDAL RA. Herbicidas: Mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: Edição do Autor, 165p. 1997.
- WANDER, W. E. Produção e participação brasileira no mercado internacional de feijão-caupi In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FEIJÃO-CAUPI**, 3., 2013.
- YADAV, T; NISHA, K. C; CHOPRA, N. K; YADAV, M. R; KUMAR, R; RATHORE, D. K. Weed Management in Cowpea - A review. **Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.**, v. 6, n. 2, p. 1373-1385, 2017.