

Herbicide selectivity and weed control in cowpea

Seletividade de herbicidas e controle de plantas daninhas para o feijão-caupi

José Roberto Antonioli Fontes^{1*}, Inocencio Junior de Oliveira¹, Ronaldo Ribeiro de Moraes¹

Abstract: Weeds negatively affect cowpea plants, causing reduced growth, delayed development and yield loss. The aim of this study was to assay selectivity and effectiveness of weed control herbicides in cowpea cropping field conditions. For selectivity evaluation, the herbicide S-metolachlor, was used pre-emergence (PRE), and carfentrazone-ethyl, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl post-emergence (POST). In effectiveness evaluation, S-metolachlor (PRE), and carfentrazone-ethyl (POST), S-metolachlor in PRE and fluazifop-p-butyl (POST), clethodim, carfentrazone-ethyl and clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, carfentrazone-ethyl and fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl, carfentrazone-ethyl and fluazifop-p-butyl, quizalofop-p-ethyl and carfentrazone-ethyl and quizalofop-p-ethyl (POST). Two controls were included, one with weeding at 15 and 35 days after sowing (DAS) and the other without weed control. Carfentrazone-ethyl caused mild phytotoxicity in plants seven days after application, but did not reduce yield (2337 kg ha⁻¹). The levels of weed control and productivity obtained with S-metolachlor alone or in association with carfentrazone-ethyl or fluazifop-p-butyl, associated or not with carfentrazone-ethyl, were similar to those obtained with weeds. Spraying with carfentrazone-ethyl alone resulted in low control effectiveness and reduced yield (1511 kg ha⁻¹). Weed interference during the crop cycle reduced yield by 77% (531 kg ha⁻¹). The selectivity and effectiveness obtained with the herbicides should be considered as an agronomic and economically-viable.

Key words: *Vigna unguiculata*. Weeds. Chemical control. Phytotoxicity.

Resumo: As plantas daninhas interferem negativamente no feijão-caupi, provocando redução no crescimento, atraso no desenvolvimento e perda de produtividade. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas em condição de campo. Na avaliação de seletividade, empregaram-se os herbicidas S-metolachlor, em pré-emergência (PRÉ), carfentrazone-ethyl, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl, em pós-emergência (PÓS), e testemunha com capinas aos 15 e 35 dias após a semeadura (DAS). Na avaliação de eficácia, empregou-se o S-metolachlor em PRÉ, S-metolachlor em PRÉ e carfentrazone-ethyl em PÓS, S-metolachlor em PRÉ e fluazifop-p-butyl em PÓS, clethodim, carfentrazone-ethyl e clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, carfentrazone-ethyl e fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl, carfentrazone-ethyl e fluazifop-p-butyl, quizalofop-p-ethyl e carfentrazone-ethyl e quizalofop-p-ethyl em PÓS. Foram incluídas duas testemunhas, uma com capina aos 15 e 35 DAS e a outra sem controle. O carfentrazone-ethyl provocou fitointoxicação leve nas plantas sete dias após a aplicação, mas não reduziu a produtividade (2337 kg ha⁻¹). Os níveis de controle e produtividade obtidos com o S-metolachlor, isolado ou associado ao carfentrazone-ethyl ou ao fluazifop-p-butyl, e dos herbicidas gramínicos, associados ou não ao carfentrazone-ethyl, foram semelhantes aos obtidos com a capina. A pulverização isolada do carfentrazone-ethyl resultou em eficácia de controle baixa e redução de produtividade (1511 kg ha⁻¹). A interferência negativa de plantas daninhas, durante o ciclo da cultura, reduziu a produtividade em 77 % (531 kg ha⁻¹). A seletividade e a eficácia obtidas com os herbicidas devem ser consideradas na indicação do controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi como estratégia favorável sob os pontos de vista agrônomo e econômico.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Planta daninha. Controle químico. Fitotoxicidade.

*Corresponding author

Submitted for publication on 04/02/2019 and approved 25/05/2019

¹Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Caixa Postal 319, CEP 69010-970, Manaus, AM. jose.roberto@embrapa.br; inocencio.oliveira@embrapa.br; ronaldo.morais@embrapa.br.

INTRODUCTION

The cowpea is a food rich in fibers, minerals and proteins (FROTA *et al.*, 2008), consumed both as pods and fresh grains or as cooked dry grains, as well as being processed as flour for bakery products (RIOS *et al.*, 2018). The crop has a short cycle and exhibits moderate tolerance to water deficit (NASCIMENTO *et al.*, 2011). In some countries, in addition to its food use, cowpea is used as forage (SINGH *et al.*, 2003), as well as mulch or living mulching to improve soil fertility and provide pest and weed management in vegetable production systems (HARRISON *et al.*, 2014).

Weeds are one of the main biotic factors that interfere with this crop, competing for water, nutrients and sunlight and so causing reduced plant growth and productivity (FONTES *et al.*, 2013; UGBE *et al.*, 2016). Some weeds may also serve as alternative hosts for crop pathogens and thus cause losses in quality and yield of the commercial product (ASSUNÇÃO *et al.*, 2006).

The cowpea is mostly cultivated by smallholders-scale production systems, using grains as seeds of traditional cultivars retained, with low plant densities (BEZERRA *et al.*, 2009), with little or no use of either fertilizers, or pesticides (SILVA *et al.*, 2014). In general, weed control in Brazilian cowpea crops occurs via manual weeding, which has low operational expenditure but is labour-intensive, significantly increasing the cost of production (MANCUSO *et al.*, 2016). Herbicides use for chemical control of weeds in Brazil cowpea crop has legal barriers to its adoption since, to date, there are no commercial herbicide formulations registered available for the crop. However, with the introduction of cowpea into large-scale grain production systems in the Brazilian Midwest as a “safrinha” option (DELMONDES *et al.*, 2017), there has been an increased interest in testing herbicide selectivity and control efficacy for the chemical control of weeds for this crop, as has also occurred with common bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*).

Due to anatomical, physiological and cultivar-type similarities of cowpea to common bean and soybean, many herbicides used for the latter two crops have been evaluated in researches, should be applicable for cowpea cultivation. (FONTES *et al.*, 2010; FONTES *et al.*, 2013; LINHARES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; MANCUSO *et al.*, 2016; MESQUITA *et al.*, 2017; CRUZ *et al.*, 2018; GONZAGA *et al.*, 2018). As such, the results obtained in the experiments with different bean and soybean cultivars and in a several parts of Brazilian have direct relevance to the effectiveness of chemical weed control.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é um alimento com boa quantidade de fibras, minerais e proteínas (FROTA *et al.*, 2008), consumido na forma de vagens e grãos verdes ou grãos secos cozidos, sendo também processado como farinha para produção de produtos de panificação (RIOS *et al.*, 2018). A cultura tem ciclo curto e tolerância moderada ao déficit hídrico (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Em outros países, além de seu uso alimentar, é empregada como forragem (SINGH *et al.*, 2003) e cobertura morta ou viva para melhoria da fertilidade do solo e no manejo de pragas e plantas daninhas em sistemas de produção de hortaliças (HARRISON *et al.*, 2014).

As plantas daninhas são um dos principais fatores bióticos que interferem na cultura, competindo por água, nutrientes e luz solar e provocando redução de crescimento das plantas e da produtividade (FONTES *et al.*, 2013; UGBE *et al.*, 2016). Algumas espécies daninhas também podem servir como hospedeiras alternativas para patógenos da cultura e causar perdas de qualidade e rendimento do produto comercial (ASSUNÇÃO *et al.*, 2006).

O feijão-caupi é mais cultivado em sistemas de produção de escala familiar com utilização de sementes de cultivares tradicionais conservadas pelo produtor rural, arranjos espaciais e populações de plantas inadequadas (BEZERRA *et al.*, 2009), com pouco ou nenhum uso de adubos e de defensivos agrícolas (SILVA *et al.*, 2014). O controle de plantas daninhas, nas lavouras brasileiras de feijão-caupi, é realizado com capina, com rendimento operacional baixo e oneroso, aumentando significativamente o custo de produção (MANCUSO *et al.*, 2016). O emprego de herbicidas para o controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no Brasil tem barreiras legais para a sua adoção em razão de não haver formulações comerciais de herbicidas registradas para a cultura até o momento. Porém, com a introdução do feijão-caupi nos sistemas de produção de grãos no Centro-Oeste brasileiro como opção de “safrinha” (DELMONDES *et al.*, 2017), houve aumento do interesse pela avaliação da seletividade de herbicidas e da eficácia do controle químico das plantas daninhas nessa cultura, a exemplo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) e da soja (*Glycine max*).

Em razão de semelhanças anatômicas, fisiológicas e de cultivo do feijão-caupi com o feijão-comum e a soja, muitos herbicidas empregados nessas duas últimas culturas têm sido avaliados em trabalhos de pesquisa, e os resultados obtidos nos experimentos com diversas cultivares e em diferentes regiões brasileiras têm evidenciado a segurança (seletividade) e a eficácia de controle químico de plantas daninhas (FONTES *et al.*, 2010; FONTES *et al.*, 2013; LINHARES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; MANCUSO *et al.*, 2016; MESQUITA *et al.*, 2017; CRUZ *et al.*, 2018; GONZAGA *et al.*, 2018).

Consequently, the objective of the current study was to evaluate the herbicide selectivity and weed control effectiveness in cowpea, BRS Rouxinol variety.

MATERIAL AND METHODS

A field experiment was conducted at the Embrapa Amazônia Ocidental station, Manaus, Amazonas State, Brazil, from May to August 2017 in a Yellow Latosol, dystrophic, alic, very clayey soil. Fifteen simple soil samples were collected in the 0-0.2 m depth layer and tested as a composite sample, at the Laboratory of Analysis of Soils and Plants of Embrapa Western Amazon. The result of chemical soil analysis is show in Table 1.

The climate of the site is Af, under the Köppen system. The climatic data recorded during the conduction of the experiment are shown in Figure 1.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de herbicidas e a eficácia de controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi, cultivar BRS Rouxinol.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento de campo na Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus, AM, no período de maio a agosto de 2017 em Latossolo Amarelo, distrófico, álico, muito argiloso. Quinze amostras simples de solo foram coletadas na camada de 0-0,2 m de profundidade com um trado tipo “holandês” para a formação de uma amostra composta, enviada para o Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

O clima local é Af, e na Figura 1 estão apresentados os dados climáticos registrados durante o período de condução do experimento.

Table 1 – Chemical characteristics of soil sample collected in the 0-0.2 m depth layer. Manaus, AM. 2017

Tabela 1 – Atributos químicos de amostra de solo coletada na camada de 0-0,20 m de profundidade na área experimental. Manaus, AM. 2017

pH	SOM	P	K	Ca	Mg	H+Al	CEC	V	m
	g kg ⁻¹	---- mg dm ⁻³ ----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	-----%	-----
5.90	37.3	4	30	1.62	1.54	3.38	6.62	48.9	0

pH in water (1:2,5); SOM – soil organic mater (Walkley-Black); P – phosphorus and K – potassium (Mehlich-1); Ca – calcium and MG – magnesium (KCl 1.0 mol L⁻¹); H + Al – potential acidity (calcium acetate 0.5 mol L⁻¹ – pH 7.0); CEC – cation exchange capacity – pH 7.0; V- base saturation; m – aluminum saturation.

pH em água (1:2,5); MO – matéria orgânica (Walkley-Black); P – fósforo e K – potássio (Mehlich-1); Ca – cálcio e MG – magnésio (KCl 1,0 mol L⁻¹); H + Al – acidez potencial (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0); T – capacidade de troca de cátions em pH 7,0; V- saturação por bases; m – saturação por alumínio.

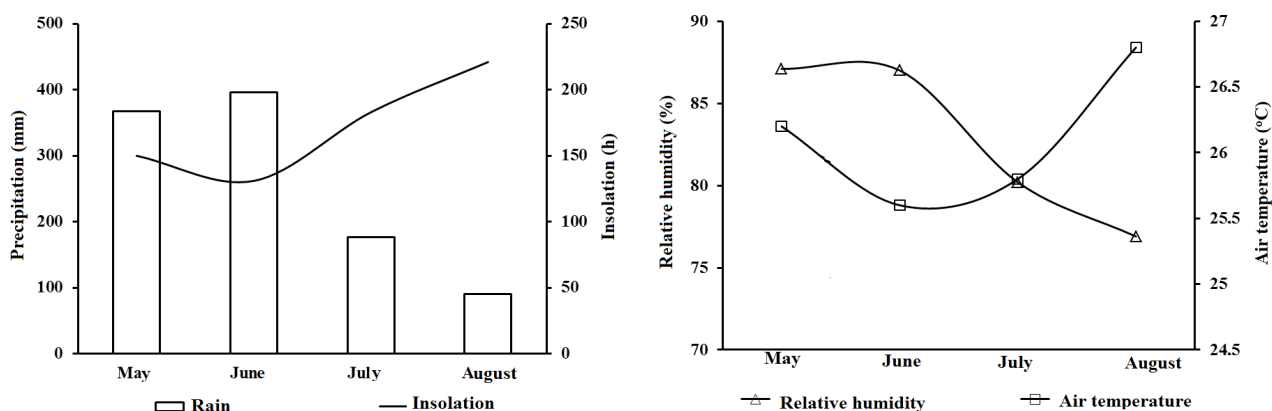


Figure 1 - Rain (mm), insolation (h), relative humidity (%) and air temperature (°C) recorded during the conduction of the experiment. Manaus, 2017.

Figura 1 - Chuvas (mm), insolação (h), umidade relativa do ar (%) e temperatura média do ar (°C) registradas durante o período de condução do experimento. Manaus, 2017.

Table 2 – Experimental treatments evaluated in the experiments of selectivity and effectiveness in cowpea, BRS Rouxinol. Manaus, AM, 2017

Tabela 2 – Herbicidas avaliados nos experimentos de seletividade e eficácia de controle de herbicidas na cultura do feijão-caupi, BRS Rouxinol. Manaus, AM, 2017

Treatments	Dose (g a.i. ha ⁻¹)	Time
S-metolachlor	1536	PRE
S-metolachlor – Carfentrazone-ethyl	1536 – 12.5	PRE – POST
S-metolachlor – Fluazifop-p-butyl	1536 – 250	PRE – POST
Carfentrazone-ethyl	12.5	POST
Carfentrazone-ethyl – Clethodim	12.5 – 108	POST
Carfentrazone-ethyl – Fenoxaprop-p-ethyl	12.5 – 110	POST
Carfentrazone-ethyl – Fluazifop-p-butyl	12.5 – 250	POST
Carfentrazone-ethyl – Quizalofop-p-ethyl	12.5 – 100	POST
Clethodim	108	POST
Fenoxaprop-p-ethyl	110	POST
Fluazifop-p-butyl	250	POST
Quizalofop-p-ethyl	100	POST
Weeding – 15 e 35 DAS	-	-
No weeding	-	-

a.i. – active ingredient; PRE – preemergence; POST – post-emergence.

i.a. – ingrediente ativo; *PRÉ* – pré-emergência; *PÓS* – pós-emergência.

The experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The experimental plot consisted of eight rows each 7 m in length (total 25.2 m²), with plants used in the experiment coming from the four central rows, but discounting the first 1 m at each end (9 m²). Herbicide selectivity was evaluated in two useful rows, while two others were used to test control effectiveness. The experimental treatments evaluated in the experiment are presented in Table 2.

One day before soil management, a floristic survey was carried out to characterize the weed community with a random placing of 1 square-meter (1 m²) square wooden frame across a total of 25 releases (BRAUN-BLANQUET, 1979). Weeds that lay within the frame were counted by species to provide the relative density, relative frequency, relative abundance and relative importance indices (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). The weed species identified are show in Table 3.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi formada por oito fileiras de plantas com 7 m de comprimento (25,2 m²), e a parcela útil formada pelas quatro fileiras centrais, descontando-se 1 m em cada extremidade (9 m²). Em duas fileiras úteis foi avaliada a seletividade dos herbicidas, e nas outras duas a eficácia de controle. Os tratamentos avaliados no experimento estão listados na Tabela 2.

Um dia antes do manejo de solo foi realizado levantamento florístico de plantas daninhas para caracterização da comunidade daninha com lançamento aleatório de armação de madeira quadrada vazada com 1 m de lado (1 m²), num total de 25 lançamentos (BRAUN-BLANQUET, 1979). As plantas daninhas contidas pela armação foram contadas por espécie para estimativa dos parâmetros populacionais densidade relativa, frequência relativa, abundância relativa e índice de importância relativa (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), cujos resultados estão apresentados na Tabela 3.

Table 3 – Weed species identified in experimental field before soil management. Manaus, AM, 2017

Tabela 3 – Espécies daninhas identificadas na área experimental e respectivos parâmetros populacionais. Manaus, AM, 2017

Weed species	Relative density	Relative frequency	Relative abundance	Relative importance index
	----- % -----			
<i>Paspalum virgatum</i>	37.6	17.5	31.7	86.8
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	23.0	23.8	14.3	61.1
<i>Euphorbia heterophylla</i>	15.5	26.3	8.7	50.5
<i>Croton trinitatis</i>	7.2	7.5	14.1	28.8
<i>Scleria melaleuca</i>	7.0	12.5	8.5	28.0
<i>Croton lobatus</i>	6.8	8.8	11.1	26.7
<i>Priva bahiensis</i>	3.0	3.8	11.7	18.5

Soil management was carried out with disc plowing to a depth of 0.3 m, and clods broken with harrow. Seeds of cowpea BRS Rouxinol variety (indeterminate growth and semi-erect growth habit) were sown one day after soil preparation, using a tractor-drawn sower-fertilizer. Spacing between the sown rows was 0.45 m, with distribution of eight m⁻¹ seeds at an average depth of 0.05 m and with fertilization equivalent to 250 kg ha⁻¹ of NPK 05-30-15, placed in the furrow and below the seed. Spraying with the herbicide S-metolachlor was carried out one day after sowing (DAS), with moist soil, air temperature 27° C, air relative humidity above 85% and a light breeze.

The spraying of the herbicides carfentrazone-ethyl, clethodim (plus ethoxylated alkyl ester adjuvant, 0.5% v/v), fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl occurred under conditions of humid soil, 25°C air temperature, relative humidity above 80% and a light breeze.

Spraying of the herbicides clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl, combined with carfentrazone-ethyl, were carried out at 17 DAS under conditions of moist soil, 25.5° C air temperature, relative humidity above 80% air and a light breeze.

The herbicides were applied with a CO₂-pressurized backpack sprayer equipped with six 110.02 flat spray nozzles with 0.5 m spacing, at constant pressure and flow of 202 kPa and 160 L ha⁻¹, respectively.

O manejo de solo foi realizado com arado de discos na profundidade de 0,3 m, e os torrões desfeitos com grade niveladora. Um dia após o preparo de solo, foi realizada a semeadura do feijão-caupi, cultivar BRS Rouxinol (hábito de crescimento indeterminado e porte semiereto), com semeadora-adubadora arrastada por trator. O espaçamento entre as fileiras de semeadura foi de 0,45 m, com distribuição de oito sementes m⁻¹ a uma profundidade média de 0,05 m e adubação equivalente a 250 kg ha⁻¹ de NPK 05-30-15, localizada no sulco e abaixo da semente. A pulverização do herbicida S-metolachlor foi realizada um dia após a semeadura (DAS) do feijão-caupi, com o solo úmido, temperatura do ar de 27° C, umidade relativa do ar acima de 85% e brisa leve.

As pulverizações isoladas dos herbicidas carfentrazone-ethyl, clethodim (mais adjuvante alquil ester etoxilado, 0,5 % v/v), fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl foram realizadas 15 DAS, com o solo úmido, temperatura do ar de 25° C, umidade relativa do ar acima de 80% e brisa leve.

As pulverizações dos herbicidas clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl, associados ao carfentrazone-ethyl, foram realizadas aos 17 DAS com o solo úmido, temperatura do ar de 25,5° C, umidade relativa do ar acima de 80% e brisa leve.

Os herbicidas foram aplicados com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com seis pontas de pulverização de jato plano 110.02 espaçadas em 0,5 m, com pressão e vazão constantes de 202 kPa e 160 L ha⁻¹, respectivamente.

To evaluate selectivity, herbicide phytotoxicity was evaluated visually at 7, 14 and 21 days after spraying (DASp) using a percentage scale that ranged from 0 (no symptoms) to 100% (plant death) (FRANS; TALBERT, 1977). Weeds control was achieved with removal at 15 and 35 DAS. In the control effectiveness experiment, two controls were included: with weeding at 15 and 35 DAS and no weeding during the entire crop cycle. To evaluate control effectiveness, dry matter masses of monocotyledonous and dicotyledonous weeds were estimated at 15 DAS and at the time of harvest by weed collection in the experimental plots, using a 1m quadrat, with two estimates per plot in both evaluation periods. Aerial parts of weeds that lay within the quadrat were collected and taken to the laboratory, where they were washed in running water and dried in an oven with forced air circulation at 65° C until reaching constant weight. During harvesting weed cover was also estimated to by means of visual evaluation of the surface using a 0.5 m quadrat cast into in the area did not receive herbicide application. For each quadrat, percentages were estimated twice.

In both experiments, the cowpea density was estimated by counting plants in two contiguous rows. Harvesting was performed manually at 84 DAS, at which time more than 90% of the pods were dry. Productivity was estimated by setting grain moisture at 13%.

Experimental data were submitted to analysis for normality (Lilliefors) and homogeneity (Cochran) of variances of experimental errors and variance. Treatment means were compared with a Tukey test set at 5% probability.

RESULTS AND DISCUSSION

The herbicide phytotoxicity levels in BRS Rouxinol plants in the three evaluation periods are presented in Table 4.

Na avaliação de seletividade, a fitointoxicação por herbicidas foi realizada por meio de avaliação visual adotando-se escala percentual variando de 0 (sem sintomas) a 100% (morte das plantas) (FRANS; TALBERT, 1977) aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas aos 15 e 35 DAS. No experimento de eficácia de controle, foram incluídas duas testemunhas, com capina aos 15 e 35 DAS e sem capina durante todo o ciclo da cultura. Para avaliação da eficácia de controle, as massas de matéria seca de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas foram estimadas aos 15 DAS e por ocasião da colheita por meio da coleta de plantas daninhas nas parcelas experimentais, com emprego de uma armação de madeira quadrada vazada com 1 m de lado, com duas estimativas por parcela em ambas as épocas de avaliação. A parte aérea das plantas daninhas contidas pela armação foi coletada e levada para laboratório, onde foi lavada em água corrente e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante. Na colheita também foi estimada a cobertura da superfície do solo por plantas daninhas por meio de avaliação visual com auxílio de uma armação de madeira quadrada vazada com 0,5 m de lado disposta na entrefileira que não recebeu a aplicação dos herbicidas, com duas estimativas por parcela.

Em ambos os experimentos a população de plantas de feijão-caupi foi estimada por meio de contagem de plantas em duas fileiras contíguas. A colheita foi realizada manualmente aos 84 DAS, momento em que mais de 90% das vagens estavam secas. A produtividade foi estimada considerando a umidade de grãos em 13%.

Os dados experimentais foram submetidos a análises de normalidade (Lilliefors) e de homogeneidade (Cochran) de variâncias dos erros experimentais e de variância. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de fitointoxicação de herbicidas em plantas da cultivar BRS Rouxinol nas três épocas de avaliação estão apresentados na Tabela 4.

Table 4 – Herbicide phytotoxicity levels (%) at 7, 14 and 21 days after spraying (DASp), plant density and cowpea yield, BRS Rouxinol variety. Manaus, AM, 2017

Tabela 4 – Fitointoxicação (%) de herbicidas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), população de plantas e produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar BRS Rouxinol. Manaus, AM, 2017

Treatments	Phytotoxicity (%)			Plant density (Plants ha ⁻¹)	Yield (kg ha ⁻¹)
	DASp				
	7	14	21		
S-metolachlor	3.8 b	1.0	1.0	173855	2056
Carfentrazone-ethyl	15.5 a	4.0	1.0	174498	2337
Clethodim	2.5 b	1.0	1.0	172778	2214
Fenoxaprop-p-ethyl	1.0 b	1.0	1.0	177264	2443
Fluazifop-p-butyl	1.0 b	1.0	1.0	176667	2161
Quizalofop-p-ethyl	2.0 b	1.0	1.0	173889	2397
Weeding	0 b	0	0	173333	2222
L.S.D.	6.9	5.1	2.5	28099	522
C.V. (%)	7.85	10.1	9.9	11.4	17.6

DASp – days after spraying.

DAA – dias após a aplicação.

Only carfentrazone-ethyl produced a higher level of phytotoxicity than the control in the first evaluation, with symptoms appearing as necrotic lesions on the leaf lamina, which were not observed at other evaluation times on leaves formed post-application. Dayan *et al.* (1997) reported that spraying of carfentrazone-ethyl on soybean plants caused chlorosis and necrosis on parts of the leaf lamina, while phytotoxicity was less apparent in new leaves. Silva *et al.* (2014) and Rouse *et al.* (2018) reported that the herbicides lactofen and fluthiacet-methyl inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase (PROTOX), causing necrotic lesions in the leaf lamina of cultivars BRS Guariba and Top Pick, respectively, and that these symptoms were restricted to leaves that had received herbicidal spray. Carfentrazone-ethyl inhibits the activity of PROTOX, which is involved in chlorophyll synthesis. This results in an accumulation of protoporphyrinogen IX that undergoes non-enzymatic oxidation and formation of reactive oxygen species, resulting in cell membrane destruction (HAO *et al.*, 2011). According to Thompson and Nissen (2002) and Roman *et al.* (2005), the selectivity of carfentrazone-ethyl for crops is influenced by soil moisture condition at the time of herbicide application and soybean plants are more affected by this herbicide when soil is moist.

Apenas o carfentrazone-ethyl provocou nível de fitointoxicação superior ao da testemunha na primeira avaliação, cujos sintomas foram lesões necróticas no limbo foliar, não sendo visível nas folhas formadas após a aplicação nas demais épocas de avaliação. Dayan *et al.* (1997) relataram que a pulverização de carfentrazone-ethyl em plantas de soja provocou clorose de nervuras e necrose de partes do limbo foliar, ocorrendo redução do nível de fitointoxicação com a formação de folhas novas. Silva *et al.* (2014) e Rouse *et al.* (2018) relataram que os herbicidas lactofen e fluthiacet-methyl, também inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), provocaram formação de lesões necróticas no limbo foliar das cultivares BRS Guariba e Top Pick, respectivamente, sintomas restritos às folhas que receberam a pulverização dos herbicidas. O carfentrazone-ethyl inibe a atividade da PROTOX, presente na rota metabólica da síntese de clorofila, com acúmulo de protoporfirinogênio IX que sofre oxidação não enzimática e formação de espécies reativas de oxigênio, provocando destruição de membranas celulares (HAO *et al.*, 2011). Segundo Thompson e Nissen (2002) e Roman *et al.* (2005), a seletividade do carfentrazone-ethyl para culturas é influenciada pela condição de umidade do solo no momento da aplicação do herbicida e plantas de soja foram mais intoxicadas pelo herbicida com solo úmido.

S-metolachlor inhibits the synthesis of long-chain fatty acids in cells, leading to loss of cell membrane integrity and functionality (BÖGER, 2003). The phytotoxication form seen in BRS Rouxinol plants was a very slight yellowing of the cotyledon leaf and the first trefoil. Silva *et al.* (2014), Mesquita *et al.* (2017) and Costa *et al.* (2017) reported similar phytotoxicity events with application of S-metolachlor in cultivars Guariba, BRS Xiquexique and IPA 207, respectively. S-metolachlor is a selective herbicide for use with common bean (*Phaseolus vulgaris*) (PROCÓPIO *et al.*, 2001) and soybean (*Glycine max*) crops (STEWART *et al.*, 2010), and acts on both dicotyledonous and poaceous weeds.

The herbicides clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl did not cause phytotoxicity in BRS Rouxinol variety. These herbicides are inhibitors of the enzyme acetylcoenzyme carboxylase (ACCase) in fatty acid synthesis, and widely used in legume crop production where they are used to control weedy members of the family Poaceae (KUKORELLI *et al.*, 2013). In field evaluations conducted in Brazil, spraying of ACCase inhibitors on cowpea cultivars resulted in high levels of selectivity and without affecting crop cycle and grain yield (FONTES *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Because of the low levels of phytotoxicity observed, the tested herbicides did not affect plant density and the grain yield of the cowpea BRS Rouxinol variety. Fontes *et al.* (2013) reported that, because of the low levels of phytotoxicity observed, cultivar BRS Guariba plant population and productivity of were not affected by POST spraying of oxadiazon and sulfentrazone in PRE and bentazon and fluazifop-p-butyl. Mancuso *et al.* (2016) also reported that bentazon showed little phytotoxicity for Guariba and BRS Novaera varieties, and did not affect their plant populations or yield.

In Table 5 it is verified that monocotyledonous weeds covered most of the soil surface (mean of 84.8%) in the experimental field.

Among these, *Rottboellia cochinchinensis* (itchgrass) and *Paspalum virgatum* (crown grass) (both Poaceae) were the most important, having already been abundant prior to soil management for the experiment (Table 2).

O S-metolachlor inibe a síntese de ácidos graxos de cadeia longa nas células levando à perda de integridade e funcionalidade de membranas celulares (BÖGER, 2003). O sintoma de fitointoxicação observado nas plantas da BRS Rouxinol foi um amarelecimento muito leve da folha cotiledonar e do primeiro trifólio. Silva *et al.* (2014), Mesquita *et al.* (2017) e Costa *et al.* (2017) relataram níveis de fitointoxicação semelhantes com aplicação do S-metolachlor nas cultivares Guariba, BRS Xiquexique e IPA 207, respectivamente. O S-metolachlor é um herbicida seletivo para as culturas do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) (PROCÓPIO *et al.*, 2001) e da soja (*Glycine max*) (STEWART *et al.*, 2010) e está presente em programas de controle de plantas daninhas dicotiledôneas e poáceas nessas culturas.

Os herbicidas clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl não provocaram fitointoxicação nas plantas da cultivar BRS Rouxinol. Esses herbicidas, cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima acetilcoenzima A carboxilase (ACCase) no processo de síntese de ácidos graxos, são seletivos às culturas leguminosas e são utilizados para o controle de plantas daninhas da família Poaceae (KUKORELLI *et al.*, 2013). Em avaliações de campo conduzidas no Brasil, verificou-se que pulverizações dos inibidores de ACCase em cultivares de feijão-caupi resultaram em níveis altos de seletividade e sem afetar o ciclo da cultura e a produtividade de grãos (FONTES *et al.*; 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Os herbicidas testados não afetaram a população de plantas e a produtividade de grãos da cultivar BRS Rouxinol em razão dos baixos níveis de fitointoxicação verificados. Fontes *et al.* (2013) relataram que a população de plantas e a produtividade da cultivar BRS Guariba não foram afetadas pelas pulverizações de oxadiazon e sulfentrazone em PRÉ e bentazon e fluazifop-p-butyl em PÓS em razão dos níveis baixos de fitointoxicação verificados. Mancuso *et al.* (2016) também verificaram que o bentazon foi pouco fitotóxico para as cultivares Guariba e BRS Novaera e não afetou a população de plantas e a produtividade.

Na Tabela 5, verifica-se que espécies daninhas monocotiledôneas foram as responsáveis pelo maior nível de cobertura da superfície do solo (média de 84,8%) na área experimental.

Entre as monocotiledôneas, *Rottboellia cochinchinensis* (capim-camalote) e *Paspalum virgatum* (capim-navalha) foram as mais importantes, mantendo a condição inicial de infestação antes do preparo de solo para a implantação do experimento (Tabela 2).

Table 5 – Soil surface cover (%) by monocot and dicot weeds and cowpea plant density (plants ha⁻¹), BRS Rouxinol variety at harvest time. Manaus, AM, 2017

Tabela 5 – Cobertura da superfície do solo (%) por plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas e população de plantas de feijão-caupi (plantas ha⁻¹), cultivar BRS Rouxinol, por ocasião da colheita. Manaus, AM, 2017

Tratamentos	Soil surface cover (%)		Plant density (Plants ha ⁻¹)
	Monocot	Dicot	
S-metolachlor	86	12	171111
S-metolachlor –Carfentrazone-ethyl	83	10	173333
S-metolachlor – Fluazifop-p-butyl	81	6	172855
Carfentrazone-ethyl	92	5	170550
Carfentrazone-ethyl – Clethodim	80	13	172778
Carfentrazone-ethyl – Fenoxaprop-p-ethyl	78	10	171666
Carfentrazone-ethyl – Fluazifop-p-butyl	85	10	172950
Carfentrazone-ethyl – Quizalofop-p-ethyl	93	6	172225
Clethodim	79	15	170000
Fenoxaprop-p-ethyl	77	6	171780
Fluazifop-p-butyl	83	9	173535
Quizalofop-p-ethyl	91	3	171850
Weeding	86	12	172630
No Weeding	93	4	166950
L.S.D.	-		27118
C.V. (%)	-		11.4

The plant density of the BRS Rouxinol variety was not affected by weed interference, a result also reported by Fontes *et al.* (2013) for the Guariba variety in an experiment whose weed community was formed by dicotyledonous species (mainly *Croton lobatus*, *Cleome affinis* and *Euphorbia heterophylla*). Mancuso *et al.* (2016), however, reported interference from a weed community comprised of *Oxalis corniculata*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* and *Euphorbia heterophylla* which killed plants of the Guariba and BRS Novaera varieties.

The Table 6 shows the dry matter masses of monocots and dicots weeds and grain yield with herbicide application.

A população de plantas da cultivar BRS Rouxinol não foi afetada pela interferência da comunidade daninha durante o período de condução do experimento, resultado semelhante ao relatado por Fontes *et al.* (2013) para a cultivar Guariba em experimento cuja comunidade daninha foi formada por espécies dicotiledôneas (principalmente *Croton lobatus*, *Cleome affinis* e *Euphorbia heterophylla*). Mancuso *et al.* (2016), entretanto, relataram que a interferência de comunidade daninha formada por *Oxalis corniculata*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* e *Euphorbia heterophylla* provocou mortalidade de plantas das cultivares Guariba e BRS Novaera.

Na Tabela 6, estão apresentadas as massas de matérias secas de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas e a produtividade de grãos com a aplicação dos herbicidas.

Table 6 – Weed dry matter masses at 15 days after sowing (DAS) and harvest times and cowpea yield, BRS Rouxinol variety. Manaus, AM, 2017

Tabela 6 – Massa de matéria seca de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas aos 15 dias após a semeadura (DAS) e por ocasião da colheita e produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar BRS Rouxinol. Manaus, AM, 2017

Tratamentos	Weed dry matter masses (g m ⁻²)				Yield (kg ha ⁻¹)
	Monocos		Dicots		
	15 DAS	Harvest	15 DAS	Harvest	
S-metolachlor	2.63 b	9.51 c	3.12 b	7.75 b	2139 a
S-metolachlor – Carfentrazone-ethyl	1.77 b	11.18 c	2.05 b	8.33 b	2172 a
S-metolachlor – Fluazifop-p-butyl	2.05 b	7.56 c	1.63 b	3.11 b	2386 a
Carfentrazone-ethyl	9.37 a	26.37 b	1.84 b	6.39 b	1511 b
Carfentrazone-ethyl – Clethodim	7.23 a	8.94 c	1.17 b	5.85 b	2367 a
Carfentrazone-ethyl – Fenoxaprop-p-ethyl	10.96 a	7.15 c	1.29 b	3.14 b	2423 a
Carfentrazone-ethyl – Fluazifop-p-butyl	8.41 a	5.93 c	3.25 b	4.46 b	2304 a
Carfentrazone-ethyl – Quizalofop-p-ethyl	7.25 a	4.33 c	1.33 b	6.07 b	2399 a
Clethodim	10.66 a	5.09 c	2.67 b	6.52 b	2481 a
Fenoxaprop-p-ethyl	6.85 a	4.75 c	1.48 b	2.91 b	2285 a
Fluazifop-p-butyl	8.87 a	7.11 c	3.62 b	2.19 b	2064 a
Quizalofop-p-ethyl	6.93 a	9.05 c	1.35 b	3.82 b	2218 a
Weeding	10.85 a	4.21 c	2.82 b	5.37 b	2469 a
No weeding	8.49 a	36.84 a	13.67 a	31.64 a	531 c
L.S.D.	4.08	7.13	2.91	9.05	486
C.V. (%)	15.6	21.7	11.8	17.1	26.6

The weed control effectiveness obtained by S-metolachlor at the initial stage of crop growth and at harvest allowed a grain yield significantly similar to that of the weeded control. Under Brazilian conditions S-metolachlor is active in the soil for up to 30 days after spraying (NUNES; VIDAL, 2008), this means it is potentially effective across the entire period during which the crop is vulnerable to plant interference, estimated by Freitas *et al.* (2009) to extend to 35 days after sowing. With the Guariba variety, Silva *et al.* (2014) reported that S-metolachlor (1125 g i.a. ha⁻¹) was effective in controlling *Amaranthus spinosus*, *Commelina benghalensis*, *Digitaria bicornis* and *Trianthema portulacastrum* portulacastrum up to 28 days after sowing, and that productivity was not significantly different from that on fully weeded sites. Mekonnen *et al.* (2015) reported high levels of weed control with S-metolachlor spraying (1000 g of i.a. ha⁻¹), where a regime of weeding at 35 days after emergence with the Asrat variety resulted in increased productivity. Associated with the action of S-metolachlor during the initial crop growth, the development of cowpea canopy resulted in shading of the soil surface, and hence weeds there, that may have contributed to the achievement of weed control with a effectiveness similar to that of weed removal. A study by Adigum *et al.* (2014), found that the cultivation of cowpea cultivar Ife Bimpe, with sowing rows of spaced at 0.6 m, resulted in a more intense shading of the soil surface by the crop canopy and a consequent reduction of weed growth in compared to a 0.9 m spacing.

The level of control achieved with carfentrazone-ethyl applied alone was insufficient to eliminate weed interference, and consequently overall productivity was lower. Carfentrazone-ethyl is effective against dicotyledonous weeds (broad leaved plants) (MACHADO *et al.*, 2006), but most of the species in the weed community in the the experimental plots was from the Poaceae family (a monocot), notably *Paspalum virgatum* and *Rottboellia cochinchinensis* (Table 5).

Control levels obtained with clethodim, fenoxaprop-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl, alone or in combination with carfentrazone-ethyl and S-metolachlor, in the case of fluazifop-p-butyl, reached, on average, 87%. These herbicides inhibit activity of acetyl-coenzyme A carboxylase (ACCase), a key enzyme in fatty acid synthesis, and are widely used in weed control for dicotyledonous crops (Barroso *et al.*, 2010).

The weed interference during the entire BRS Rouxinol life cycle caused a 77% reduction in grain yield.

As eficácias de controle de plantas daninhas obtidas com a pulverização do S-metolachlor em PRÉ, na fase inicial de crescimento da cultura e por ocasião da colheita, possibilitaram rendimento de grãos significativamente semelhante ao da testemunha capinada. A atividade no solo do S-metolachlor nas condições brasileiras foi estimada em até 30 dias após a aplicação (NUNES; VIDAL, 2008), exercendo ação sobre as sementes de plantas daninhas durante o período total de prevenção da interferência na cultura, estimado em 35 dias após a semeadura (FREITAS *et al.*, 2009). Silva *et al.* (2014) relataram que o S-metolachlor (1125 g de i.a ha⁻¹) foi eficaz no controle de *Amaranthus spinosus*, *Commelina benghalensis*, *Digitaria bicornis* e *Trianthema portulacastrum* até 28 dias após a semeadura da cultivar Guariba, o que resultou em produtividade significativamente semelhante à obtida com capinas. Mekonnen *et al.* (2015) conseguiram controle excelente de plantas daninhas com aplicação de S-metolachlor (1000 g de i.a ha⁻¹) e capina aos 35 dias após a emergência na cultivar Asrat, resultando em maior produtividade. Associado à ação do S-metolachlor durante a fase inicial do crescimento da cultura, o desenvolvimento do dossel de feijão-caupi resultou em sombreamento da superfície do solo e de plantas daninhas e pode ter contribuído para a obtenção de eficácia de controle de plantas daninhas significativamente semelhante à da testemunha capinada. Em trabalho conduzido por Adigum *et al.* (2014), verificou-se que o cultivo do feijão-caupi, cultivar Ife Bimpe, com fileiras de semeadura espaçadas em 0,6 m resultou em sombreamento mais intenso da superfície do solo pelo dossel da cultura e redução do crescimento de plantas daninhas em comparação ao espaçamento de 0,9 m.

O nível de controle do carfentrazone-ethyl aplicado isoladamente não foi suficiente para eliminar a interferência das plantas daninhas, e ocorreu redução de produtividade. O carfentrazone-ethyl tem ação em espécies daninhas dicotiledôneas (“folhas largas”) (MACHADO *et al.*, 2006), e a comunidade daninha principal responsável pela infestação da área experimental foi da família Poaceae (“folhas estreitas”), destacando-se *Paspalum virgatum* e *Rottboellia cochinchinensis* (Tabela 5).

Os níveis de controle obtidos com clethodim, fenoxaprop-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl, isolados ou em associação ao carfentrazone-ethyl e ao S-metolachlor, no caso do fluazifop-p-butyl, atingiram, em média, 87%. Esses herbicidas inibem a atividade da acetil-coenzima A carboxilase (ACCase), enzima-chave na síntese de ácidos graxos, e são muito empregados no controle de poáceas daninhas em culturas dicotiledôneas (BARROSO *et al.*, 2010).

A interferência negativa das plantas daninhas, durante todo o ciclo de vida da cultivar BRS Rouxinol, provocou redução de 77% na produtividade de grãos.

CONCLUSIONS

The herbicides S-metolachlor, bentazon, carfentrazone-ethyl, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl were selective for BRS Rouxinol cowpea variety grown on upland (Yellow Latosol);

The herbicides S-metolachlor, applied in PRE, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl and quizalofop-p-ethyl, applied alone or associated with carfentrazone-ethyl, applied in POST, resulted in effective cowpea weed control, and gave yields similar to those obtained with weed removal;

The herbicide carfentrazone-ethyl was ineffective in controlling the weeds, and there was an associated reduction in crop productivity;

The interference imposed by the weed community from sowing to harvest indicates the vulnerability of BRS Rouxinol to interspecific competition the result of which can be drastic grain yield reduction (77%);

Due to the selectivity and efficacy of weed control by the evaluated herbicides, the chemical control of weeds in cowpea should be considered as a viable strategy for producers.

CONCLUSÕES

Os herbicidas S-metolachlor, bentazon, carfentrazone-ethyl, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl foram seletivos para a cultivar de feijão-caupi BRS Rouxinol em solo de terra firme (Latosolo Amarelo);

Os herbicidas S-metolachlor, aplicado em PRÉ, clethodim, fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl, isolados ou associados ao carfentrazone-ethyl, aplicados em PÓS promoveram controle eficaz das plantas daninhas em cultivo do feijão-caupi, e as produtividades obtidas foram semelhantes à da testemunha capinada;

O herbicida carfentrazone-ethyl foi ineficaz em controlar a comunidade daninha, e ocorreu redução de produtividade da cultura;

A interferência imposta pela comunidade daninha desde a semeadura até a colheita evidencia a vulnerabilidade da cultivar BRS Rouxinol à competição interespecífica e causa redução drástica da produtividade de grãos (77%);

Em razão da seletividade e da eficácia de controle de plantas daninhas pelos herbicidas avaliados, o controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi deve ser considerado como estratégia favorável para os produtores.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ADIGUN, J.; OSIPITAN, A. O.; LAGOKE, S. T.; ADEYENI, R. O.; AFOLAMI, S. O. Growth and yield performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) as influenced by row-spacing and period of weed interference in south-west Nigeria. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 4, p. 188-198, 2014.

ASSUNÇÃO, I. P.; LISTIK, A. F.; BARROS, M. S. C.; AMORIM, E. P. R.; SILVA, S. J. C.; SILVA, I. O.; RAMALHO-NETO, C. O.; 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000200005>

BARROSO, A. L. L.; DAN, H. A.; PROCÓPIO, S. O.; TOLEDO, R. E. B.; SANDANIEL, C. R.; BRAZ, G. B. P.; CRUVINEL, K. L. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000100018>

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000005>

BÖGER, P. Mode of action for chloroacetamides and functionally related compounds. **Journal of Pesticide Science**, v. 28, n. 3, p. 324-329, 2003.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. 3 ed. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

COSTA, A. F.; VALE, L. S.; OLIVEIRA, A. B.; BRITO NETO, J. F.; CARDOSO, G. D. Selectivity of pre-and post-emergence herbicides for cowpea (*Vigna unguiculata*). **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 11, p. 881-887, 2017.

- CRUZ, A. B. S.; ROCHA, P. R. R.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ALVES, J. M. A.; CRUZ, D. L. S.; FINOTO, E. L.; SANTOS, G. X. L. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do feijão-caupi na savana amazônica. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 625-630, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5732>
- DAYAN, F. E.; DUKE, S. O.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl trizolinone herbicide. **Pest Science**, v. 51, n. 1, p. 65-73, 1997.
- DELMONDES, B. L.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; NEVES, A. C.; PEREIRA, C. S. Identifying lines of black-eyed cowpea having high productivity and quality commercial grain. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 848-855, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170100>
- FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. A.; MORAIS, R. R. Tolerância do feijão-caupi ao herbicida oxadiazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 110-115, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v40i1.6241>
- FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; OLIVEIRA, I. J. Seletividade e eficácia de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 47-55, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v12i1.214>
- FRANS, R. E.; TALBERT, R. E. **Design of field experiments and the measurement and analysis of plant responses**. In: TRUELOVE, B. Research Methods in Weed Science. Auburn: Southern Weed Science Society, 1977. p. 15-23.
- 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, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000200005>
- FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000200031>
- GONZAGA, G. S.; CRUZ, A. B. S.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, G. X. L.; SOARES, M. B. B.; ROCHA, P. R. R.; ALVES, J. M. A.; CASTRO, T. S.; SANTOS, T. S. Phytosociology of weed community in culture of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and controlling possibilities with pre-emergence herbicides. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 19, n. 5, p. 5311-5322, 2018.
- HAO, G. F.; ZUO, Y.; YANG, S. G.; YANG, G. F. Protoporphyrinogen oxidase inhibitor: an ideal target for herbicide discovery. **Chimia**, v. 65, n. 12, p. 961-969, 2011.
- HARRISON Jr., H. F.; JACKSON, D. M.; THIES, J. A.; FERY, R. L. US-1136, US-1137, and US-1138 cowpea lines for cover crops use. **HortScience**, v. 49, n. 3, p. 364-366, 2014.
- KUKORELLI, G.; REISINGER, P.; PINKE, G. ACCase inhibitors herbicides – selectivity, weed resistance and fitness cost: a review. **International Journal of Pest Management**, v. 59, n. 3, p. 165-173, 2013.
- 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 Catinga**, v. 27, n. 1, p. 41-49, 2014.
- MACHADO, A. F. L.; CAMARGO, A. P. M.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G. Mistura de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 107-114, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000100014>
- 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. 25-32, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663010004>
- MEKONNEN, G.; SHARNA, J. J.; NEGATU, L.; TANA, T. Effect of integrated weed management practices on weeds infestation, yield components and yield of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in Eastern Wollo, Northern Ethiopia. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 7, n. 5, p. 326-346, 2015.
- MESQUITA, H. C.; FREITAS, F. C. L.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, M. G. O.; CUNHA, J. L. X. L.; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficácia e seletividade de herbicidas em cultivares de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 50-59, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i1.505>
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey & Sons, 1974.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15,

n. 8, p. 853-860, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800013>

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A. Persistência do herbicida S-metolachlor associado ao glyphosate ou paraquat em plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 385-393, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000200015>

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, J. B. Tolerância de cultivares de feijão ao S-metolachlor em diferentes condições de aplicação. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 263-271, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000200015>

RIOS, M. J. B. L.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S.; FIGUEIREDO, E. A. T.; ROCHA, M. M.; HASHIMOTO, J. M. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 217-224, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n125rc>

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficiência de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2005. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v4i2.31>

ROUSE, C. E.; ROMA-BURGOS, N.; ESTORNINOS JR.; L. E.; PENKA, T. M. Assessment of new herbicide programs for cowpea production. **Weed Technology**, v. 32, n. 3, p. 273-283, 2018.

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000100022>

SINGH, B. B.; AJEIGBE, H. A.; TARAWALI, S. A.; FERNANDEZ-RIVERA, S.; ABUBAKAR, M. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. **Field Crops Research**, v. 84, n. 1-2, p. 169-177, 2003.

STEWART, C. L.; NURSE, R. E.; HAMILL, A. S.; SIKKEMA, P. H. Environment and soil conditions influence pre- and postemergence herbicide efficacy in soybean. **Weed Technology**, v. 24, n. 3, p. 234-243, 2010.

THOMPSON, W. M.; NISSEN, S. J. Influence of shade and irrigation on the response of corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and wheat (*Triticum aestivum*) to carfentrazone-ethyl. **Weed Technology**, v. 16, n. 2, p. 314-318, 2002.

UGBE, L. A.; NDAEYO, N. U.; ENYONG, J. F. Efficacy of selected herbicides on weed control, cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) performance and economic returns in Akamkpa, Southeastern Nigeria. **International Journal of Research in Agriculture and Forestry**, v. 3, n. 5, p. 19-27, 2016.