



Selectivity and efficiency of herbicides in cassava on the floodplain of the Solimões river

Seletividade e eficácia de herbicidas na cultura da mandioca em várzea do rio Solimões

José Roberto Antoniol Fontes¹^{*}, Inocencio Junior de Oliveira¹¹, Ronaldo Ribeiro de Morais¹¹

Abstract: Cassava is grown on the floodplains of the Solimões river and guarantees food security and income for farmers. However, negative interference of weeds can result in a significant yield loss in the crop. Therefore, the aim of this study was to evaluate the selectivity of herbicides and efficiency of chemical weed control in the cassava 'Aipim-manteiga' cultivar, in the floodplain of the Solimões river, in Iranduba, Amazonas. The experimental design was in randomized blocks with four replications. The herbicides evaluated were clomazone (1080 g ha⁻¹), diuron (1750 and 2500 g ha⁻¹) and oxadiazon (400 and 800 g ha⁻¹), applied alone or with hoeing 90 days after planting (DAP). Two control treatments were included: weeding (hoeing) at 30, 60, 90 and 120 DAP and with no weed control. Clomazone caused mild toxicity in the plants, while with diuron and oxadiazon toxicity was moderate; all three were considered safe for the crop. The plant population of the crop was not affected by the herbicides. Clomazone afforded effective weed control up to 45 DAP only, and weeding was necessary at 90 DAP to eliminate negative interference by the weeds on crop yield. Diuron and oxadiazon were effective in controlling weeds throughout the crop cycle of the cassava. Weed interference during the crop life cycle reduced yield by 83.8%.

Key words: Amazonas. Chemical control. Gleissol. *Manihot esculenta*. Weeds.

Resumo: A mandioca é cultivada em várzeas do rio Solimões e garante segurança alimentar e renda para os agricultores. Porém, a interferência negativa de plantas daninhas na cultura pode resultar em perdas significativas de produtividade. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de herbicidas e a eficácia do controle químico de plantas daninhas na cultura, cultivar 'Aipim-manteiga', em várzea do rio Solimões, Iranduba-AM. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os herbicidas avaliados foram clomazone (1080 g ha⁻¹), diuron (1750 e 2500 g ha⁻¹) e oxadiazon (400 e 800 g ha⁻¹), aplicados isoladamente ou associados com capina aos 90 dias após o plantio (DAP). Foram incluídos dois tratamentos testemunhas: controle de plantas daninhas com capinas aos 30, 60, 90 e 120 DAP e sem controle. O clomazone provocou intoxicação leve nas plantas, enquanto o diuron e o oxadiazon, moderada, e os três foram seguros para a cultura. A população de plantas da cultura não foi afetada pelos herbicidas. O clomazone exerceu controle eficaz de plantas daninhas apenas até 45 DAP e houve necessidade de capina aos 90 DAP para eliminar a interferência negativa de plantas daninhas na produtividade da cultura. O diuron e o oxadiazon controlaram com eficácia as plantas daninhas durante o ciclo de cultivo da mandioca. A interferência livre de plantas daninhas reduziu a produtividade em 80%.

Palavras-chave: Amazonas. Controle químico. Gleissolo. *Manihot esculenta*. Plantas daninhas.

*Corresponding author

Submitted for publication on 06/05/2020, approved on 01/02/2021 and published on 09/04/2021

¹Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km29, CP 319, CEP 69010-970, Manaus, AM. E-mails: jose.roberto@embrapa.br; inocencio.oliveira@embrapa.br; ronaldo.morais@embrapa.br

INTRODUCTION

Cassava (*Manihot esculenta*) is a staple food for the population of the state of Amazonas, used for the production of flour or table consumption. Cassava production in the state is 10.5 t roots ha⁻¹ (IBGE, 2020), considered low compared to recorded yields of up to 43 t ha⁻¹ (DIAS, 2015). Among the factors that can cause yield reduction the negative interference from weeds stands out (SILVA *et al.*, 2012).

In Amazonas, cassava is grown on dry land (Argisols and Latossolos) and floodplains (Gleisols) (FRASER *et al.*, 2011). Soil fertility in the floodplains of the muddy rivers of Amazonas is high, a result of the periodic deposition of sediment from the Andes range during ebb and flow cycles (GUIMARÃES *et al.*, 2013), and favours the cultivation of short-cycle crops (FRASER *et al.*, 2011).

The most-used strategy for weed control in cassava in Amazonas is manual weeding, using machetes, hoes and sickles. The main advantages of chemical control are the high level of effectiveness, greater operational yield and lower cost, resulting in greater agronomic and economic efficiency (SILVA *et al.*, 2012; SANTIAGO *et al.*, 2018).

Because cassava is a slow-growing crop that is not very efficient at shading the soil surface, the application of pre-emergent (PRE) herbicide to the crop and weeds promotes effective weed-control during this phase of greater susceptibility to negative interference (SCARIOT *et al.*, 2013; SANTIAGO *et al.*, 2018).

However, the number of active herbicidal ingredients that are registered for the control of weeds in the cassava is considered small, especially for post-emergent (POS) application, there being eight herbicides for PRE application and two for POS application (BRAZIL, 2020), affecting the establishment of weed-management programs for the cassava in Brazil.

It should also be considered that, in many cassava crops, the weed community comprises a great variety of species, and in some situations, it is necessary to use more than one active ingredient per application (SANTIAGO *et al.*, 2018).

Cassava cultivars may be tolerant to herbicides, showing no symptoms of toxicity, with no physiological changes or yield reduction, or little tolerant, impairing the growth and root yield (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2001). In addition to the genetic factor, the herbicide doses and the environmental conditions can influence the tolerance of the cultivar to herbicides (COSTA *et al.*, 2013).

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*) é alimento básico para a população amazonense, com emprego de cultivares “bravas”, para a produção de farinha, ou “mansas”, também denominadas macaxeiras, para consumo de mesa. A produtividade de mandioca no estado do Amazonas é de 10,5 t ha⁻¹ de raízes (IBGE, 2020), considerada baixa em razão do registro de produtividades de até 43 t ha⁻¹ (DIAS, 2015). Entre os fatores que provocam redução de produtividade, destaca-se a interferência negativa de plantas daninhas (SILVA *et al.*, 2012).

A mandioca é cultivada no Amazonas em áreas de terra firme (Argissolos e Latossolos) e nas várzeas (Gleissolos) (FRASER *et al.*, 2011). A fertilidade do solo das várzeas dos rios de água barrenta no Amazonas é alta, consequência da deposição periódica de sedimentos oriundos da cordilheira dos Andes nos ciclos de cheia e vazante (GUIMARÃES *et al.*, 2013), favorecendo a exploração de culturas de ciclo curto (FRASER *et al.*, 2011).

A estratégia de controle de plantas daninhas mais empregada nos sistemas de produção de mandioca no Amazonas é a capina, com uso de facões, enxadas e foices. O controle químico tem como vantagens principais a eficácia de controle elevada, maior rendimento operacional e menor custo, resultando em maiores eficiência agrônômica e econômica (SILVA *et al.*, 2012; SANTIAGO *et al.*, 2018).

Por ser a mandioca uma cultura de crescimento inicial lento e pouco eficiente no sombreamento da superfície do solo, a aplicação de herbicidas em pré-emergência (PRE) da cultura e das plantas daninhas promove o controle eficaz das plantas daninhas nesta fase de maior suscetibilidade à interferência negativa (SCARIOT *et al.*, 2013; SANTIAGO *et al.*, 2018).

Porém, o número de princípios ativos herbicidas registrados para o controle de espécies daninhas na cultura da mandioca pode ser considerado pequeno (sobretudo para aplicações em POS), sendo oito para aplicação em PRE e duas em POS (BRASIL, 2020), afetando o estabelecimento de programas de manejo de plantas daninhas na cultura em todo o Brasil.

Deve ser considerado ainda que a comunidade de plantas daninhas em muitos cultivos de mandioca é formada por grande diversidade de espécies, sendo necessária em algumas situações a associação de mais de um princípio ativo por aplicação (SANTIAGO *et al.*, 2018).

As cultivares de mandioca podem ser tolerantes aos herbicidas, não exibindo sintomas de intoxicação, sem alterações fisiológicas e redução de produtividade, ou pouco tolerantes, prejudicando o crescimento e a produtividade de raízes (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2001). Além do fator genético, as doses dos herbicidas e as condições ambientais têm influência na tolerância das cultivares aos herbicidas (COSTA *et al.*, 2013).

Although cassava production is important for agriculture in Amazonas, the results of research on the use of herbicides with crops under this environmental conditions are scarce. From the reports of studies conducted with other cultivars in other environments, it can be assumed that local cultivars are tolerant to herbicides, and that the weeds are susceptible to chemical control. The aim of this study, therefore, was to evaluate selectivity in the pre-emergent (PRE) application of herbicides in the cassava 'Aipim-manteiga' cultivar, and the efficiency of weed-control under floodplain conditions in the city of Iranduba, Amazonas.

MATERIAL AND METHODS

Two field experiments were carried out in the floodplain of the River Solimões (3°15'40" S, 60°13'18" W), in a Gleisol of a silty-loam texture whose chemical and physical attributes are shown in Table 1.

Embora a cadeia produtiva da mandioca seja importante para a agricultura amazonense, são escassos os resultados de trabalhos de pesquisa com emprego de herbicidas nas condições ambientais dos cultivos. Considerando os relatos de trabalhos conduzidos com outras cultivares em outros ambientes, pressupõe-se que cultivares locais são tolerantes aos herbicidas e que a flora daninha seja suscetível ao controle químico. Portanto, objetivou-se avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência (PRE) para a mandioca, cultivar Aipim-manteiga, e a eficácia de controle de plantas daninhas em condição de várzea no município de Iranduba, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos de campo em várzea do rio Solimões (3°15'40" S, 60°13'18" O), em um Gleissolo, textura franco-siltosa, cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Table 1 - Chemical and physical attributes of soil sample collected in the 0-0.2 m depth layer in the experimental site. Iranduba-AM, 2019

Tabela 1 - Características químicas e físicas de amostra de solo coletada na camada de 0-0,2 m de profundidade na área experimental. Iranduba-AM, 2019

pH	M.O. g kg ⁻¹	P - mg dm ⁻³ -	K	Ca	Mg	H+Al cmol _c dm ⁻³	T	V -%	m	Sand	Silt	Clay
5.05	38.2	55	86	7.2	2.1	2.6	12.2	78.7	6.0	66	725	209

pH in water (1:2.5); O.M. – organic matter (Walkley-Black); P – phosphorus and K – potassium (Mehlich-1); Ca – calcium and Mg – magnesium (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al – potential soil acidity (calcium acetate 0.5 mol L⁻¹, pH 7.0); T – cation exchange capacity at pH 7.0; V – base saturation; m – aluminum saturation.

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

The local climate is type Af, and the meteorological data recorded during the experimental period are shown in Figure 1.

Prior to setting up the experiments, a floristic survey of the weeds was carried out to characterise the infestation at the site, using 25 random throws of a hollow, one-metre square frame (internal measurement). The weeds contained in the frame were counted per species to estimate the population parameters (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974). Table 2 shows the identified species.

O clima local é Af e os dados meteorológicos registrados durante o período de condução dos experimentos estão apresentados na Figura 1.

Antes da instalação dos experimentos foi realizado levantamento florístico de plantas daninhas para caracterização da infestação no local com 25 lançamentos aleatórios de armação quadrada vazada com 1 m de lado (medida interna). As plantas daninhas contidas pela armação foram contadas por espécie para estimativa de parâmetros populacionais (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974). Na Tabela 2, são apresentadas as espécies identificadas.

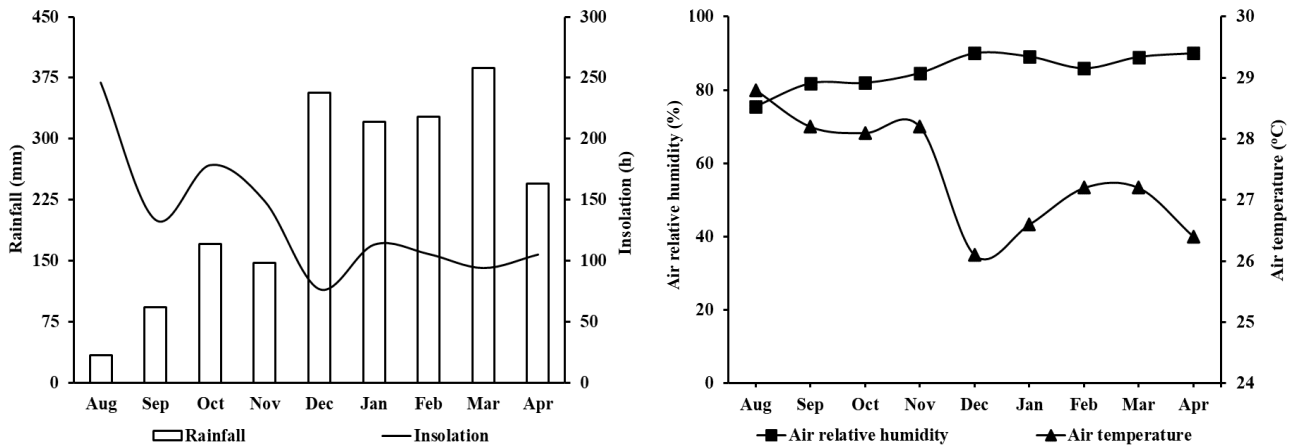


Figure 1 - Rainfall (mm), insolation (h), air relative humidity (%) and air temperature (°C) recorded at the meteorological station in the experimental site. Iranduba, 2019.

Figura 1 - Valores médios mensais de chuvas (mm), insolação (h), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) registradas durante a condução dos experimentos. Iranduba, 2019.

Table 2 - Weed species identified in the experimental site and their respective population parameters. Iranduba-AM, 2019

Tabela 2 - Espécies daninhas identificadas na área experimental e seus respectivos parâmetros populacionais. Iranduba-AM, 2019

Weed species	RD	RF	RA	RII
	%			
<i>Echinochloa colona</i>	32.4	73.3	40.8	146.5
<i>Cleome affinis</i>	8.5	10.8	23.0	42.3
<i>Phyllanthus niruri</i>	19.7	4.9	4.5	29.1
<i>Digitaria horizontalis</i>	7.0	4.6	11.7	23.3
<i>Mimosa invisa</i>	15.5	2.5	2.9	20.9
<i>Cyperus ferax</i>	4.2	1.8	7.5	13.5
<i>Brachiaria</i> sp.	7.0	1.5	4.0	12.5
<i>Aeschynomene rudis</i>	2.8	0.4	2.4	5.6
<i>Spigelia anthelmia</i>	1.4	0.2	2.0	3.6
<i>Cyperus rotundus</i>	1.4	0.1	1.2	2.7

RD – relative density; RF – relative frequency; RA – relative abundance; RII – relative importance index.

DR – densidade relativa; FR – frequência relativa; AR – abundância relativa; IIR – índice de importância relativa.

The most important weed species was *Echinochloa colona* (monocot, Poaceae), whose infestation in the experimental area represented about 80% of the plant cover on the soil surface. The soil was managed using a disc plough to a depth of 0.4 m, and the clods broken up with harrowing. The planting furrows were opened one day after management, spaced 1 m apart and 0.15 m deep.

A espécie daninha mais importante foi *Echinochloa colona* (monocotiledônea, Poaceae), cuja infestação na área experimental representou cerca de 80% da cobertura vegetal da superfície do solo. O preparo de solo foi realizado com arado de discos numa profundidade de 0,4 m, e os torrões desfeitos com grade niveladora. Um dia após o preparo de solo foi realizada a abertura de sulcos de plantio espaçados em 1 m e profundidade de 0,15 m.

The fertiliser applied was equivalent to 40 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 50 kg ha⁻¹ K₂O, using superphosphate and potassium chloride respectively, manually distributed in the furrows and covered with soil.

Stem cuttings of the 'Aipim-manteiga' cassava cultivar measuring 0.2 m in length (with 5 to 6 buds) were planted in the furrows, spaced 1 m apart. A top-dressing equivalent to 30 kg ha⁻¹ nitrogen in the form of ammonium sulphate, split into two applications, at 30 and 60 days after emergence of the crop.

The selectivity of the herbicides was evaluated in experiment 1 in a randomized blocks design with four replications. The experimental plot comprised six planting rows, 7 m in length (49 m²), with the usefull area consisting of the two central rows, discounting 1 m at each end (10 m²). The herbicide treatments (doses in g of active ingredient ha⁻¹) were 1- clomazone 1080 g ha⁻¹, 2- diuron 1750, 3- diuron 2500, 4- oxadiazon 800 and 5- oxadiazon 1000, in addition to the control treatment with no herbicide.

The herbicides were applied one day after planting (DAP) using a backpack sprayer pressurized by CO₂, with a constant pressure of 245.1 kPa and constant flow of 180 L ha⁻¹, equipped with a boom with six 110.02 fan-spray nozzles spaced 0.5 m apart. During application, the soil was moist and the sky partly cloudy, with a light breeze, air temperature between 27 and 28 °C, and relative humidity greater than 80%.

The experimental plots were kept free from weeds by hoeing at 30, 60, 90, 120 and 150 DAP to prevent the effects of competition from influencing the evaluations of selectivity. Levels of toxicity were assessed at 30, 45 and 60 days after application (DAA) of the herbicides by means of a visual assessment based on a percentage scale, where 0 indicates a lack of symptoms and 100% equals the death of the plants. The levels of toxicity were transformed by $\sqrt{x + 0.5}$ and the results shown with the original mean values.

The level of weed control with application of the herbicides was evaluated in experiment 2, in a randomized blocks design in a 5x2+2, with four replications. The factorial arrangement consisted of 5 herbicides, with and without weeding, plus two additional treatments, control with and without weeding. The experimental plot comprised six planting rows, 7 m in length (49 m²), with the usefull area consisting of the four central rows, discounting 1 m at the end of each row (20 m²).

A adubação de plantio foi equivalente a 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, empregando superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, com distribuição manual nos sulcos de plantio e cobertos com terra.

O plantio da cultivar 'Aipim-manteiga' foi realizado com manivas-semente medindo 0,2 m de comprimento (com 5 a 6 gemas) e espaçadas 1 m nos sulcos. A adubação nitrogenada em cobertura foi equivalente a 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio e duas aplicações, 30 e 60 dias após a emergência das plantas da cultura.

No experimento 1, avaliou-se a seletividade de herbicidas e o delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi formada por seis fileiras de plantio com 7 m de comprimento (49 m²) e a parcela útil formada pelas duas fileiras centrais, descontando-se 1 m em cada extremidade (10 m²). Os tratamentos com herbicidas (doses em g de ingrediente ativo ha⁻¹) avaliados foram 1- clomazone 1080 g ha⁻¹, 2- diuron 1750, 3- diuron 2500, 4- oxadiazon 800, 5- oxadiazon 1000, além do tratamento testemunha sem aplicação de herbicidas.

Um dia após o plantio (DAP) das manivas-semente foi realizada a aplicação dos herbicidas com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, com pressão e vazão constantes de 245,1 kPa e 180 L ha⁻¹, respectivamente, equipado com barra munida com seis pontas de pulverização leque 110.02 espaçadas em 0,5 m. No período da aplicação, o solo estava úmido, o céu parcialmente nublado, brisa leve, temperatura do ar entre 27 e 28 °C e umidade relativa do ar acima de 80%.

As parcelas experimentais foram mantidas livres de plantas daninhas por meio de capinas aos 30, 60, 90, 120 e 150 DAP para evitar que efeitos de competição pudessem influenciar as avaliações de seletividade. As avaliações dos níveis de intoxicação foram realizadas aos 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas por meio de avaliação visual seguindo escala percentual, onde 0 significa ausência de sintomas e 100%, morte das plantas. Os valores dos níveis de intoxicação foram transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ e os resultados apresentados com as médias originais.

No experimento 2, avaliou-se o nível de controle de plantas daninhas com a aplicação de herbicidas e o delineamento experimental foi em blocos ao acaso num esquema fatorial 5x2+2, com quatro repetições. Os fatores consistiram de 5 herbicidas, com e sem capina, mais dois tratamentos adicionais, testemunha com e sem capina. A parcela experimental foi formada por seis fileiras de plantio com 7 m de comprimento (49 m²), e a parcela útil formada pelas quatro fileiras centrais, descontando-se 1 m em cada extremidade (20 m²).

The treatments under evaluation were 1- clomazone 1080 g ha⁻¹, 2- clomazone 1080 g ha⁻¹ plus weeding, 3- diuron 1750, 4- diuron 1750 plus weeding, 5- diuron 2500, 6- diuron 2500 plus weeding, 7- oxadiazon 800, 8- oxadiazon 800 plus weeding, 9- oxadiazon 1000, 10- oxadiazon 1000 plus weeding.

Weeding associated with a herbicide was carried out at 90 and in the control there were hoeing at 30, 60 90, 120 DAP and without weeding. The herbicides were applied with the same equipment and adjustments as in experiment 1, over five rows of plants, leaving one row without spraying for visual comparison within the plot (double check).

To assess the level of control, weeds were collected at 45, 90 and 150 DAA from the usefull area of each plot using a hollow one-metre square frame. Collections made at 90 DAP were carried out before weeding for the weeded treatments associated with herbicide, and for the weeded control treatment. The weeds inside the frame were cut at ground level and placed in paper bags.

In the laboratory, the plants were separated into monocots and dicots, washed in water to remove soil particles, and dried in a forced air circulation oven at 65 °C to constant weight. The population of cassava plants and the root yield were estimated at 210 DAP. To estimate commercial-root production, roots with a minimum median diameter of 0.04 m were considered, selected with the aid of a wooden template.

The experimental data were submitted to analysis of normality (Lilliefors) and homogeneity (Cochran) of the experimental error variance and to an analysis of variance. The mean values of the treatments were compared using Tukey's test. The Genes software (CRUZ, 2006) was used for the statistical analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

The weed species responsible for the highest level of infestation was *E. colona*, which covered 85% of the soil surface at 45 DAP in the control with no weeding and in the double check row, a similar situation to that found before the soil management when setting up the experiment. (Table 2). All the herbicides caused toxicity in the plants of 'Aipim-manteiga'; however, they did not affect the plant population or the productivity of the cultivar (Table 3).

Os tratamentos avaliados foram 1- clomazone 1080 g ha⁻¹, 2- clomazone 1080 g ha⁻¹ mais capina, 3- diuron 1750, 4- diuron 1750 mais capina, 5- diuron 2500, 6- diuron 2500 mais capina, 7- oxadiazon 800, 8- oxadiazon 800 mais capina, 9- oxadiazon 1000, 10- oxadiazon 1000 mais capina.

As capinas associadas aos herbicidas foram realizadas aos 90 DAP; e na testemunha as capinadas ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 DAP. A aplicação dos herbicidas foi realizada com o equipamento do experimento 1, sobre cinco fileiras de plantio, deixando uma fileira sem pulverização para comparação visual dentro da parcela (testemunha dupla).

Para avaliação do nível de controle foram realizadas coletas de plantas daninhas aos 45, 90 e 150 DAA na área útil de cada parcela com emprego de uma armação quadrada vazada com 1 m de lado. As coletas aos 90 DAP foram realizadas antes das capinas nos tratamentos com capinas associadas aos herbicidas e na testemunha capinada. As plantas daninhas contidas pela armação foram cortadas acima do solo e colocadas em sacos de papel.

Em laboratório, as plantas foram separadas em monocotiledôneas e dicotiledôneas, lavadas em água corrente para retirada de partículas de solo e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante. A estimativa de população de plantas de mandioca e a colheita de raízes foram realizadas aos 210 DAP. Para estimativa de produtividade de raízes comerciais foram consideradas as raízes com diâmetro mínimo de 0,04 m na parte mediana da raiz selecionadas com gabarito de madeira.

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. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie daninha responsável pelo maior nível de infestação foi *E. colona*, responsável por 85% de cobertura da superfície do solo na testemunha sem capina e nas testemunhas duplas aos 45 DAP, situação semelhante à verificada antes do preparo de solo para a instalação do experimento (Tabela 2). Todos os herbicidas provocaram intoxicação nas plantas de 'Aipim-manteiga', contudo, não afetaram a população de plantas e a produtividade da cultivar (Tabela 3).

Table 3 - Herbicide levels of toxicity (%) at 30, 45 and 60 days after application (DAA), plant population and root yield of 'Aipim-manteiga' in the Solimões river floodplain. Iranduba-AM, 2019

Tabela 3 - Níveis de intoxicação (%) de herbicidas aos 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA), população de plantas e produtividade de raízes de 'Aipim-manteiga' em várzea do rio Solimões. Iranduba-AM, 2019

Treatments	Toxicity level (%)			Plant population (plants ha ⁻¹)	Root yield (t ha ⁻¹)
	30 DAA	45 DAA	60 DAA		
Clo 1080	9.3 bA	3.0 bB	1.0 aB	9451	9.4
Diu 1750	30.5 aA	16.7 aB	3.2 aC	9639	9.5
Diu 2500	35.5 aA	18.3 aB	3.7 aC	9588	10.2
Oxa 800	28.7 aA	13.2 aB	4.5 aC	9627	8.9
Oxa 1000	32.5 aA	11.7 aB	2.7 aC	9552	9.6
Testemunha capinada	0 cA	0 bA	0 aA	9537	10.6
C.V. (%)	10.1	5.5	3.9	22.4	17.1

DAA – days after application. Clo – clomazone; Diu – diuron; Oxa – oxadiazon. Means followed by the same lowercase letter in the column and uppercase in the row do not differ significantly by Tukey's test. ($p \leq 0,05$). C.V. – coefficient of variation.

DAA – dias após a aplicação. Clo – clomazone; Diu – diuron; Oxa – oxadiazon. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V. – coeficiente de variação.

According to Jabonklai (2015), the different susceptibility of cultivated plants and weeds to herbicides with a negative effect only on the weeds, allows farmers to set up safe and efficient programs of chemical weed-management.

Clomazone caused slight yellowing of the leaves up to 30 DAA, a similar result to that reported by Biffe *et al.* (2007) when applying clomazone at a dose of 1000 g ha⁻¹. Oliveira Jr. *et al.* (2001) evaluated the tolerance of five cassava cultivars to clomazone in PRE application at a dose of 1000 g ha⁻¹ and reported that the most obvious symptom was wrinkling (shrivelling) of the first leaves formed after emergence, which did not persist in later leaves.

Abreu *et al.* (2010) found that clomazone in PRE application at a dose of 500 g ha⁻¹ had no effect on the plants of the IAC 14 or IAC 576-70 cassava cultivars. Costa *et al.* (2013) sprayed clomazone in post-emergent (POS) application on shoots of the Baianinha cassava cultivar after pruning, and concluded that the herbicide was selective for the crop, causing small necrotic lesions on the leaves.

Clomazone is registered for use in PRE application in the cassava (BRASIL, 2020), inhibiting the formation of chlorophyll and chlorophyll protective pigments, and causing leaf discolouration in sensitive plants (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). In tolerant plants, clomazone is metabolised to inactive compounds by the action of monooxygenase enzymes (GUO *et al.*, 2019).

Segundo Jabonklai (2015), a suscetibilidade diferencial entre as plantas cultivadas e plantas daninhas aos herbicidas, afetando negativamente apenas as plantas daninhas, é um fator que permite estabelecer programas de manejo químico de plantas daninhas com segurança e eficiência para os agricultores.

O clomazone provocou amarelecimento leve das folhas até 30 DAA, resultado semelhante ao relatado por Biffe *et al.* (2007) com aplicação do clomazone com dose de 1000 g ha⁻¹. Oliveira Jr. *et al.* (2001) avaliaram a tolerância de cinco cultivares de mandioca ao clomazone aplicado em PRE com dose de 1000 g ha⁻¹ e relataram que o sintoma mais evidente foi o enrugamento (encarquilhamento) das primeiras folhas formadas após a brotação, não persistindo nas folhas posteriores.

Abreu *et al.* (2010) constataram que a aplicação do clomazone em PRE com dose de 500 g ha⁻¹ não afetou as plantas das cultivares IAC 14 e IAC 576-70. Costa *et al.* (2013) pulverizaram o clomazone em pós-emergência (POS) sobre brotações da cultivar Baianinha após podas e concluíram que o herbicida foi seletivo para cultura, provocando pequenas lesões necróticas nas folhas.

O clomazone é registrado para aplicação em PRE na cultura da mandioca (BRASIL, 2020) e inibe a formação da clorofila e dos pigmentos protetores de clorofila e provoca nas plantas sensíveis descoloração das folhas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Nas plantas tolerantes, o clomazone é metabolizado a compostos inativos por ação de enzimas monooxigenases (GUO *et al.*, 2019).

Diuron, at each of the doses under test, caused toxicity in the plants up to 45 DAA, with symptoms of yellowing of the leaves and some necrotic lesions on the leaf blade, restricted to the first leaves formed. As the plants developed, there was a reduction in the intensity of the symptoms, and at 60 DAP they were barely visible. Between 30 and 60 DAA there was an 89.5% reduction in the level of toxicity (average of the doses). Biffe *et al.* (2007) reported that the PRE application of diuron at doses of 625, 750 and 900 g ha⁻¹ caused symptoms of toxicity in cassava plants up to 30 DAA, while at 45 DAA the intensity of the symptoms had reduced, with the plants showing a similar appearance to the control with no application of the herbicide. Silva *et al.* (2012) evaluated toxicity in cassava plants of the IAC 12 cultivar caused by diuron (2500 g ha⁻¹) in POS application at 60 DAP, and found that the toxicity was more intense up to 21 DAA and reduced after that period.

Diuron is a photosynthetic inhibitor acting in sensitive plants as a competing electron acceptor at the level of photosystem II inside the chloroplasts, and inhibiting the fixation of carbon dioxide and the formation of ATP and NADPH in the cells, causing changes in the energy state of the cells, peroxidation of membrane lipids and cell death. In tolerant plants, diuron undergoes glycoside conjugation and demethylation reactions with the formation of compounds with no herbicidal action (PASCAL-LORBER *et al.*, 2010).

At both doses, oxadiazon caused yellowing and necrotic lesions in the first leaves formed after sprouting, symptoms that persisted up to 45 DAA (Table 3). From 30 to 60 DAA, there was an 88% reduction in the level of toxicity (average of the doses). In *Arracacia xanthorrhiza*, oxadiazon (1000 g ha⁻¹) in both POS application (FREITAS *et al.*, 2004) and PRE application (SEDIYAMA *et al.*, 2008) caused mild toxicity in the plants, which did not persist as the crop developed and did not harm productivity.

Oxadiazon is an herbicide whose mechanism of action is the inhibition of the protoporphyrinogen oxidase enzyme, causing accumulation of protoporphyrinogen IX in the cell cytoplasm, which, reacting with oxygen in the presence of light, leads to the formation of reactive oxygen species (ROS) that cause the peroxidation of cell membrane lipids and cell death (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). In plants that are tolerant to oxadiazon, there is an increase in the activity of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase, enzymes that act in reducing the accumulation of ROS (LANGARO *et al.*, 2017).

O diuron, em ambas as doses testadas, provocou intoxicação nas plantas até 45 DAA, cujos sintomas foram amarelecimento das folhas e algumas lesões necróticas no limbo foliar, restritas às primeiras folhas formadas. Com o desenvolvimento das plantas ocorreu redução da intensidade dos sintomas e aos 60 DAP eles foram pouco visíveis. No período entre 30 e 60 DAA a redução do nível de intoxicação (média das doses) foi de 89,5%. Biffe *et al.* (2007) relataram que a aplicação em PRE do diuron com doses de 625, 750 e 900 g ha⁻¹ provocou sintomas de intoxicação nas plantas de mandioca até 30 DAA, enquanto aos 45 DAA a intensidade dos sintomas havia reduzido, com as plantas exibindo aspecto semelhante à testemunha sem aplicação do herbicida. Silva *et al.* (2012) avaliaram a intoxicação de plantas de mandioca da cultivar IAC 12 pelo diuron (2500 g ha⁻¹) aplicado em POS aos 60 DAP e constataram que a intoxicação foi mais intensa até 21 DAA, reduzindo a partir desse período.

O diuron é um inibidor fotossintético atuando nas plantas sensíveis como acceptor competitivo de elétrons ao nível de fotossistema II no interior dos cloroplastos e inibindo a fixação de dióxido de carbono e a formação de ATP e NADPH nas células e provocando alteração do estado energético nas células e peroxidação de lipídios das membranas e morte celular. Nas plantas tolerantes, o diuron sofre conjugação com glicosídeos e reações de desmetilação com formação de compostos sem ação herbicida (PASCAL-LORBER *et al.*, 2010).

O oxadiazon, em ambas as doses, provocou amarelecimento e lesões necróticas nas primeiras folhas formadas após a brotação, sintomas que persistiram até 45 DAA (Tabela 3). No período entre 30 e 60 DAA, a redução do nível de intoxicação (média das doses) foi de 88%. Na cultura da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), o oxadiazon (1000 g ha⁻¹) aplicado em POS (FREITAS *et al.*, 2004) ou em PRE (SEDIYAMA *et al.*, 2008) provocou intoxicação leve nas plantas, que não persistiram, em ambas as situações, com o desenvolvimento da cultura e sem prejudicar a produtividade.

O oxadiazon é um herbicida cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase, provocando acúmulo de protoporfirinogênio IX no citoplasma celular, que reagindo com oxigênio na presença de luz leva à formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) que provocam a peroxidação dos lipídeos de membrana celular e morte das células (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Nas plantas tolerantes ao oxadiazon verifica-se aumento de atividade das enzimas superóxido dismutase e ascorbato peroxidase que atuam na redução do acúmulo de ROS (LANGARO *et al.*, 2017).

Application of the herbicides caused neither mortality nor reduced root yields, results that confirm the selectivity of the herbicides and the doses tested on 'Aipim-manteiga'. Establishing the optimum plant population for cultivars of the cassava is one of the necessary conditions for achieving expected yields in production systems. In Amazonas, the recommended plant population for the cassava is 10,000 plants ha⁻¹ in a 1 x 1 m spatial arrangement of (DIAS, 2015).

Table 4 shows the values for weed dry matter (WDM), separated into monocots and dicots, while Table 5 shows the plant populations of the cassava and root yields with application of the experimental treatments.

A aplicação dos herbicidas não provocou mortalidade de plantas de mandioca e redução de produtividade de raízes, resultados que confirmam a seletividade dos herbicidas e doses testadas para a 'Aipim-manteiga'. O estabelecimento de população de plantas ótima das cultivares de mandioca é uma das condições necessárias para obtenção das produtividades esperadas nos sistemas de produção. No Amazonas a recomendação de população de plantas para a cultura da mandioca é de 10.000 plantas ha⁻¹, em arranjo espacial de 1 x 1 m (DIAS, 2015).

Na Tabela 4 são apresentados valores de massa de matéria seca (MMS) de plantas daninhas, separadas em mono e dicotiledôneas, e na Tabela 5 as populações de plantas de mandioca e a produtividade de raízes com a aplicação dos tratamentos experimentais.

Tabela 4 - Weed dry matter at 45, 90 e 150 days after herbicide application in the Solimões river floodplain. Iranduba-AM, 2019

Tabela 4 - Massa de matéria seca (MMS) de plantas daninhas em aos 45, 90 e 150 dias após a aplicação dos herbicidas em várzea do rio Solimões. Iranduba-AM, 2019

Treatments	Weed dry matter (g m ⁻²)					
	Monocots					
	Without hoeing			With hoeing		
	45 DAA	90 DAA	150 DAA	45 DAA	90 DAA	150 DAA
Clo 1080	3.8 bD	42.7 bB	93.5 aA	0.9 bD	13.4 bC	48.8 bB
Diu 1750	2.3 bC	5.2 cC	52.1 bA	1.7 bC	1.9 cC	32.7 cB
Diu 2500	3.1 bC	4.1 cC	49.3 bA	2.4 bC	2.3 cC	26.0 cB
Oxa 800	4.0 bC	7.7 cC	58.1 bA	3.9 bC	3.8 cC	19.7 cB
Oxa 1000	1.5 bC	3.9 cC	67.6 bA	0.5 bC	5.6 cC	15.5 cB
Weed free check	0.6 bA	3.1 cA	5.5 cA	0.6 bA	3.1 cA	5.5 dA
Weedy check	10.8 aC	56.9 aB	118.5 aA	10.8 aC	56.9 aB	118.5 aA
Dicots						
Clo 1080	0.5 bD	11.1 bC	35.7 bA	1.4 bD	2.6 bD	33.3 bB
Diu 1750	0.2 bD	4.4 cC	26.6 bA	0.9 bD	1.8 bD	18.6 cB
Diu 2500	1.1 bC	3.6 cB	36.6 bA	1.3 bC	4.2 bC	15.1 cB
Oxa 800	0.8 bC	5.8 cB	27.7 bA	0.4 bC	3.9 bC	11.2 cB
Oxa 1000	2.7 bC	6.7 cB	38.1 bA	1.5 bC	2.4 bC	20.9 cB
Weed free check	0.8 bA	3.3 cA	5.3 cA	0.8 bA	3.3 bA	5.3 dA
Weedy check	9.2 aC	37.4 aB	82.0 aA	9.2 aC	37.4 aB	82.0 aA

DAA – days after herbicide application. Clo – clomazone; Diu – diuron; Oxa – oxadiazon. Means followed by the same lowercase letter in the column and uppercase in the row do not differ significantly by Tukey's test. ($p \leq 0.05$).

DAA – dias após a aplicação. Clo – clomazone; Diu – diuron; Oxa – oxadiazon. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Table 5 - Plant population e root yield of 'Aipim-manteiga' cassava cultivar after herbicide application in the Solimões river floodplain. Iranduba-AM, 2019

Tabela 5 - População de plantas e produtividade de raízes da 'Aipim-manteiga' com aplicação de herbicidas em várzea do rio Solimões. Iranduba-AM, 2019

Treatments	Plant population (plants ha ⁻¹)		Root yield (t ha ⁻¹)	
	Without hoeing	With hoeing	Without hoeing	With hoeing
Clomazone 1080	9385 aA	9660 aA	5.1 bB	10.6 aA
Diuron 1750	9711 aA	9000 aA	8.9 aA	9.1 aA
Diuron 2500	9368 aA	9555 aA	9.0 aA	9.8 aA
Oxadiazon 800	9667 aA	9728 aA	9.2 aA	10.0 aA
Oxadiazon 1000	9445 aA	9332 aA	8.5 aA	9.7 aA
Weed free check	9000 a		9.9 a	
Weedy check	9667 A		1.6 c	

Means followed by the same lowercase letter in the column and uppercase in the row do not differ significantly by Tukey's test. ($p \leq 0.05$).

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

The average percentage reduction in monocot and dicot WDM resulting from the application of clomazone at 45 DAP was 78.2% and 89.3% respectively (average value for WDM in treatments with the independent application of clomazone and together with weeding, 2.35 and 0.95 g m⁻² for monocots and dicots, respectively), similar to that verified in the weeded control (0.6 and 0.8 g m⁻²) for the same period (Table 4).

At 90 and 150 DAP, the reduction in monocot WDM (Table 4) was 50.7% and 21.1%, and in the dicots, 81.7% and 56.5% respectively, resulting in insufficient levels of control to prevent the weeds from causing a reduction of 48.5% in production (5.1 t ha⁻¹) in relation to that obtained in the control with weeding (9.9 t ha⁻¹) (Table 5). Only the clomazone associated with weeding at 90 DAP made it possible to eliminate weed interference and achieve root yield (10.6 t ha⁻¹) equal to that of the weeded control (Table 5).

The critical period for preventing weed interference in 'Aipim-manteiga' is from 17 to 104 DAP (FONTES *et al.*, 2014). At 90 DAP, the level of weed control (50.7% and 81.6%, for monocots and dicots respectively) allowed negative interference from weeds to be eliminated for most of this period, with weeding at 90 DAP affording complementary control to the action of the clomazone. After weeding, there were new bursts of weed emergence, probably due to the short residual activity of clomazone in the soil. The half-life of clomazone in the soil is influenced by many factors, and can range from 7 days under anaerobic conditions (HU *et al.*, 2011) to 117 days under aerobic conditions (WŁODARCZYK; SIWEK, 2016).

As reduções percentuais médias da MMS de mono e dicotiledôneas promovida pela aplicação do clomazone aos 45 DAP foram de 78,2 e 89,3%, respectivamente (médias de MMS dos tratamentos com aplicação isolada do clomazone e associada a capina – 2,35 e 0,95 g m⁻², para mono e dicotiledôneas, respectivamente) e semelhantes à verificada na testemunha capinada (0,6 e 0,8 g m⁻²) no mesmo período (Tabela 4).

Aos 90 e 150 DAP, as reduções de MMS de monocotiledôneas (Tabela 4) foram de 50,7 e 21,1%, e as de dicotiledôneas 81,7 e 56,5%, respectivamente, resultando em níveis de controle insuficientes para impedir que as plantas daninhas provocassem redução de 48,5% na produtividade (5,1 t ha⁻¹) em relação à obtida na testemunha capinada (9,9 t ha⁻¹) (Tabela 5). Apenas a associação do clomazone com capina aos 90 DAP possibilitou eliminar a interferência das plantas daninhas e obter produtividade de raízes (10,6 t ha⁻¹) equivalente à da testemunha capinada (Tabela 5).

O período crítico de prevenção da interferência de plantas daninhas para a 'Aipim-manteiga' é de 17-104 DAP (FONTES *et al.*, 2014). Aos 90 DAP, o nível de controle de plantas daninhas (50,7 e 81,6%, para mono e dicotiledôneas, respectivamente) permitiu eliminar a interferência negativa das plantas daninhas durante a maior parte deste período, com a capina aos 90 DAP exercendo controle complementar à ação do clomazone. Após a capina, ocorreram novos fluxos de emergência de plantas daninhas, provavelmente em razão da atividade residual curta do clomazone no solo. A meia-vida do clomazone no solo sofre influência de muitos fatores, podendo variar de 7 dias em condições anaeróbicas (HU *et al.*, 2011) a 117 dias em condições aeróbicas (WŁODARCZYK; SIWEK, 2016).

The gleisols of the Amazonas floodplains generally have high levels of silt and a low clay content, which can cause crusting and increased particle density (NOGUEIRA *et al.*, 2004), a situation that results in low soil aeration and favours more rapid degradation of the clomazone. In a silty-loam soil (5% clay), similar to that found in this study, Cumming *et al.* (2002) reported that the half-life of clomazone (960 g ha⁻¹) was 47 days.

A similar result to that obtained in the present study was reported by Scariot *et al.* (2013), who obtained high weed control efficiency with the PRE application of clomazone (900 and 1080 g ha⁻¹) in the 'Cascuda' cassava cultivar up to 47 days, followed by a reduction in the level of control. According to the authors, one of the factors responsible for this reduction was the period of activity of the herbicide in the soil, which, however, did not result in a root yield reduction.

The reduction in monocot and dicot WDM at 90 DAP with the application of diuron was 94% and 90.6% respectively (considering the average values of the doses and treatments at 90 DAP, with and without weeding), and made it possible to achieve root yields (9.1 and 9.8 t ha⁻¹ for the doses of 1750 and 2500 g a.i. ha⁻¹ respectively) similar to that of the weeded control (Table 5).

Diuron is registered for the control of a large number of weed species and has a half-life in the soil of 90 days (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Rocha *et al.* (2013) evaluated the influence of soil fertility on the dissipation of diuron in soils with contrasting physical and chemical characteristics, and reported that in soils of pH 6.2 and 6.3 and with greater levels of nutrients, the half-life of the herbicide averaged 43 days, while in soils of pH 5.0 and a low nutrient content, the average was 90 days, concluding that the higher levels of fertility may have favoured microbial activity and more-rapid dissipation of the herbicide.

The adsorption of diuron by soils of different textural classes is dependent on the pH of the soil, and is less intense at higher pH values, which can increase the availability of diuron both for its action against weeds and for microbial degradation (LIU *et al.*, 2010). Therefore, relating information from Liu *et al.* (2010) and de Rocha *et al.* (2013) with the conditions of soil fertility in the experimental area of the present study (Table 1), diuron would not be expected to act at the recorded efficiency until 90 DAA.

Os gleissolos das várzeas amazônicas têm, em geral, teores altos de silte e baixos de argila, que podem provocar encrostamento e aumento da densidade de partículas (NOGUEIRA *et al.*, 2004), situação que resulta em baixa aeração nesses solos e, assim, favorecer a degradação mais rápida do clomazone. Em solo franco-siltoso (5% de argila), condição semelhante à verificada neste trabalho, Cumming *et al.* (2002) relataram que a meia-vida do clomazone (960 g ha⁻¹) foi de 47 dias.

Resultado semelhante ao obtido neste trabalho foi relatado por Scariot *et al.* (2013), que obtiveram alta eficácia de controle de plantas daninhas com a aplicação em PRE do clomazone (900 e 1080 g ha⁻¹) na cultivar 'Cascuda' até 47 dias, ocorrendo redução do nível de controle após este período. Segundo estes autores, um dos fatores responsáveis pela redução foi o período de atividade do herbicida no solo, que, contudo, não acarretou redução de produtividade.

As reduções MMS de mono e dicotiledôneas aos 90 DAP obtidos com aplicação do diuron foram de 94 e 90,6%, respectivamente (considerando os valores médios para doses e tratamentos com e sem capina aos 90 DAP), e possibilitaram atingir produtividades de raízes (9,1 e 9,8 t ha⁻¹ para as doses de 1750 e 2500 g de ia ha⁻¹, respectivamente) semelhantes à da testemunha capinada (Tabela 5).

O diuron é um herbicida registrado para controle de grande número de espécies daninhas e a sua meia-vida média no solo é de 90 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Rocha *et al.* (2013) avaliaram a influência da fertilidade do solo na dissipação do diuron em solos com características físicas e químicas contrastantes e relataram que nos solos com pH 6,2 e 6,3 e com maiores teores de nutrientes a meia-vida do herbicida foi, em média, de 43 dias, enquanto nos solos com pH 5,0 e teores baixos de nutrientes foi, em média, de 90 dias, concluindo que os níveis mais elevados de fertilidade podem ter favorecido a atividade microbiana e a dissipação mais rápida do herbicida.

A adsorção do diuron em solos de classes texturais distintas foi dependente do pH do solo, sendo menos intensa em condição de aumento dos valores de pH, condição que pode levar a uma maior disponibilidade do diuron tanto para a sua ação contra as plantas daninhas quanto para a degradação microbiana (LIU *et al.*, 2010). Assim, relacionando as informações de Liu *et al.* (2010) e de Rocha *et al.* (2013) e as condições de fertilidade do solo da área experimental onde foi conduzido este experimento (Tabela 1), seria esperado que o diuron não exercesse atividade com a eficácia verificada até 90 DAA.

The longer period of activity of diuron in the soil may be related to its not being used in the experimental area until the start of the experiment, since the repeated use of herbicides stimulates the selection of specific microbiota over time that uses herbicides as a source of nutrients and energy (EGEA *et al.*, 2017), which may have resulted in maintaining a greater amount of diuron in the soil for a longer period. At 150 DAP, the reduction in the control of monocot and dicot WDM from the use of diuron with weeding at 90 DAP was 75.2% and 79.5% respectively (Table 4).

The reduction in monocot and dicot WDM at 90 DAP (Table 4) with the application of oxadiazon was 90.7% and 87.4% respectively (average values of the reduction in WDM for the doses and treatments with and without weeding at 90 DAP), and made it possible to achieve root yield (9.8 and 10 t ha⁻¹ for the doses of 800 and 1000 g a.i. ha⁻¹ respectively) similar to that of the weeded control (Table 5), confirming that, as with diuron, the control period of oxadiazon was sufficient to prevent negative interference by the weeds on the 'Aipim-manteiga' during the critical period for weed interference.

The period of weed control by oxadiazon seen in this study is longer than that reported in the literature. Mendes *et al.* (2014) estimated the half-life of oxadiazon in a Red-yellow Latosol of a clayey texture to be 54 days in the surface layer to a depth of 10 cm. Das *et al.* (2003) found that about 70% of the oxadiazon applied to soil cultivated with rice had dissipated 20 days after application, and concluded that the herbicide was used as a source of energy and carbon for microbial metabolism.

Qasen (2006) reported that a single dose of oxadiazon in PRE application (750 g ha⁻¹) in the onion (*Allium cepa*) resulted in excellent weed control up to 65 DAA; it did not, however, prevent the emergence of weeds after this period, impairing crop productivity. At 150 DAP, it was found that weeding associated with oxadiazon resulted in levels of monocot and dicot control of 85% and 80.5% respectively.

Table 5 shows that weed interference throughout the crop cycle had no effect on survival in the cassava plants, it did, however, reduce root production by 83.8% (1.6 t ha⁻¹).

CONCLUSIONS

The herbicides clomazone, diuron and oxadiazon are selective for the cassava 'Aipim-manteiga' grown in a floodplain environment;

O maior período de atividade do diuron no solo pode estar relacionada ao fato de ele não ter sido utilizado na área experimental até o momento da instalação deste experimento, pois o uso repetido de herbicidas estimula a seleção de microbiota específica ao longo do tempo e que utiliza os herbicidas como fonte de nutrientes e de energia (EGEA *et al.*, 2017), o que pode ter resultado em manutenção de quantidade maior do diuron no solo por mais tempo. Aos 150 DAP, as reduções de MMS de controle de mono e dicotiledôneas com a associação do diuron e capina aos 90 DAP foram de 75,2 e 79,5%, respectivamente (Tabela 4).

As reduções de MMS de mono e dicotiledôneas aos 90 DAP (Tabela 4) obtidas com aplicação do oxadiazon foram de 90,7 e 87,4%, respectivamente (valores médios da redução de massa de matéria seca de plantas daninhas para doses e tratamentos com e sem capina aos 90 DAP), e possibilitaram atingir produtividades de raízes (9,8 e 10 t ha⁻¹ para as doses de 800 e 1000 g de ia ha⁻¹, respectivamente) e semelhantes à produtividade da testemunha capinada (Tabela 5), confirmando que o período de controle do oxadiazon, a exemplo do diuron, foi suficiente para impedir a interferência negativa das plantas daninhas durante o PCPI para a cultivar 'Aipim-manteiga'.

A duração do período de controle de plantas daninhas do oxadiazon verificadas neste trabalho é maior do que a relatada na literatura. Mendes *et al.* (2014) estimaram em 54 dias a meia-vida no solo do oxadiazon em um Latossolo Vermelho-amarelo, com textura argilosa, na camada superficial até 10 cm de profundidade. Das *et al.* (2003) verificaram que cerca de 70% do oxadiazon aplicado ao solo cultivado com arroz havia sido dissipado aos 20 dias após a aplicação e concluíram que o herbicida foi utilizado como fonte de energia e de carbono para o metabolismo microbiano.

Qasen (2006) relatou que uma única aplicação do oxadiazon em PRE (750 g ha⁻¹) em cebola (*Allium cepa*) resultou em controle excelente de plantas daninhas até 65 DAA, porém, não impediu a emergência de plantas daninhas após esse período com prejuízos à produtividade da cultura. Aos 150 DAP, verificou-se que a capina associada ao oxadiazon resultou em níveis de controle de mono e dicotiledôneas 85 e 80,5%, respectivamente.

Na Tabela 5, verifica-se que a interferência de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura não afetou a sobrevivência de plantas de mandioca, porém, reduziu a produtividade de raízes em 83,8% (1,6 t ha⁻¹).

CONCLUSÕES

Os herbicidas clomazone, diuron e oxadiazon são seletivos para a cultivar de mandioca 'Aipim-manteiga' cultivada em ambiente de várzea;

To use clomazone, weeding is necessary three months after planting the cassava to eliminate weed interference;

The weed control efficiency obtained with diuron and oxadiazon throughout the crop cycle of the cassava eliminates the negative effect of the weeds on root production.

Para o emprego do clomazone, é necessária uma capina três meses após o plantio da mandioca para eliminação da interferência das plantas daninhas;

As eficácias de controle de plantas daninhas obtidas com o diuron e o oxadiazon ao longo do ciclo de cultivo da mandioca eliminam a interferência negativa das plantas daninhas na produtividade de raízes.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ABREU, M. L.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F.; AGUIAR, E. B.; BRACHTVOGEL, E. L. Efeito de diferentes herbicidas aplicados na cultura da mandioca na quantidade e qualidade de raízes comerciais. **Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 66-76, 2010.
- BIFFE, D. F.; ALONSO, D. G.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; FRANCHINI, L.H.M. Avaliação do herbicida diuron em pré-emergência no controle de seis plantas daninhas na cultura de *Manihot esculenta*. **Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, p. 123-126, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários/Agrofit. Disponível em : http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 06 ago. 2020.
- COSTA, N. V.; ANDRADE, D. C.; SONTAG, D. A.; SCARIOT, C. A.; TSUZUKI, L. H. Selectivity of clomazone and S-metolachlor applied after cassava pruning. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 979-985, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000400024>
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285p.
- CUMMING, J. P.; DOYLE, R. B.; BROWN, P. H. Clomazone dissipation in four Tasmanian topsoils. **Weed Science**, v. 50, n. 3, p. 405-409, 2002. DOI: [http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0405:CDIFT T\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0405:CDIFT T]2.0.CO;2)
- DAS, A. C.; DEBNATH, A.; MUKHERJEE, D. Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphate solubilizing organisms and their persistence in rice fields. **Chemosphere**, v. 53, n. 3, p. 217-221, 2003. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00440-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00440-5)
- DIAS, M. C. A contribuição da pesquisa-experimentação e o conhecimento tradicional para o cultivo da mandioca no Amazonas. **Terceira Margem Amazônia**, v. 1, n. 5, p. 143-154, 2015.
- EGEA, T. C.; SILVA, R.; BOSCOLO, M.; RIGONATO, J.; MONTEIRO, D. A.; GRÜNIG, D.; SILVA, H.; WIELEN, F. V.; HELMUS, R.; PARSONS, J. R.; GOMES, E. Diuron degradation by bacteria from soil of sugarcane crops. **Heliyon**, v. 3, n. 12, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00471>
- FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; PEDROZO, C. A.; ROCHA, R. N. C.; MORAIS, R. R.; MUNIZ, A. W. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da macaxeira, variedade, Aipim-manteiga, em terra firme do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 7p. (Embrapa Amazônia Ocidental, Circular Técnica, 46). DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3710.6082>
- FRASER, J. A.; JUNQUEIRA, A. B.; CLEMENT, C. R. Homegardens on amazonian dark earths, non-anthropogenic upland, and floodplain soils along the the brazilian middle Madeira river exhibit diverging agrobiodiversity. **Economic Botany**, v. 65, n. 1, p. 1-12, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12231-010-9143-y>
- FREITAS, R. S.; PEREIRA, P. C.; SEDIYAMA, M. A. N.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência para a cultura da mandioquinha-salsa. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 159-165, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100020>

- GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, F. W. R.; MACEDO, R. S.; SOUZA, K. W. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru, Iranduba), Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 37, n. 2, p. 317-326, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000200003>
- GUO, F.; IWAKAMI, S.; YAMAGUCHI, T.; UCHINO, A.; SUNOHARA, Y.; MATSUMOTO, H. Role of CYP81A cytochrome P450s in clomazone metabolism in *Echinochloa phyllopogon*. **Plant Science**, v. 283, p. 321-328, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.010>
- HU, J.; CAO, D.; DENG, Z. Determination of clomazone residues in soybean and soil by high performance liquid chromatography with DAD detection. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 86, n. 4, p. 444-448, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-011-0224-0>
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/amazonas>. Acesso em 04 maio 2020.
- JABONKLAI, I. Herbicide metabolism in weeds – selectivity and herbicide resistance. In: PRICE, A.; KELTON, J.; SARUNAITE, L. (Ed.). **Herbicides. Physiology of Action and Safety**. Intech, 2015, cap. 10, p. 223-251. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/59891>
- LANGARO, A. C.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q.; GARCIA, J. R.; PERBONI, L. T. Oxidative stress caused by the use of preemergent herbicides in rice crops. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 358-364, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170041>
- LIU, Y.; XU, Z.; WU, X.; GUI, W.; ZHU, G. Adsorption and desorption behavior of herbicide diuron on various chinese cultivated soils. **Journal of Hazardous Materials**, v. 178, n. 1-3, p. 462-468, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.105>
- MENDES, K. F.; REIS, M. R.; MATOS, A. K. A.; INOUE, M. H.; DIAS, R. C.; RONCHI, C.P. Leaching and residual effects of oxadiazon as a function of the movement of water depth application and incorporation of soil organic matter. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 12, n. 2, p. 855-860, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1234/4.2014.5252>
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey & Sons, 1974. 547 p.
- NOGUEIRA, E. L. S.; FERNANDES, A. R.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; SARRAZIN, M. A. Características físicas de um gleissolo do Rio Guamá sob diferentes sistemas de uso. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 42, p. 85-96, 2004.
- OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; HERNANDES, A. I. F. M.; INOUE, M. H.; MARCHIORI JR., O.; RAMIRES, A. C. Tolerância de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) a herbicidas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 119-125, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000100014>
- PASCAL-LORBER, S.; ALSAYEDA, H.; JOUANIN, I.; DEBRAUWER, L.; CANLET, C.; LAURENT, F. Metabolic fate of [¹⁴C]diuron and [¹⁴C]linuron in wheat (*Triticum aestivum*) and radish (*Raphanus sativus*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 20, p. 10935-10944, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf101937x>
- QASEN, J. R. Chemical weed control in seedbed sown onion (*Allium cepa*). **Crop Protection**, v. 25, n. 6, p. 618-622, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.008>
- ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; SILVA, G. S.; QUEIROZ, M. E. L. R.; GUIMARÃES, F. C. N.; TIRONI, S. P.; GALON, L. SILVA, A. A. Meia-vida do diuron em solos com diferentes atributos físicos e químicos. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 1961-1966, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013001100007>
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 2018. 794 p.
- SANTIAGO, A. D.; CAVALCANTE, M. H. B.; BRAZ, G. B. P.; PROCÓPIO, S. O. Efficacy ad selectivity of herbicides applied in cassava pre-emergence. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 640-650, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n312rc>
- SCARIOT, C. A.; COSTA, N. V.; BOSQUESE, E. P.; ANDRADE, D. C.; SONTAG, D. A. Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 300-307, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000300012>

SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, R. S.; PEREIRA, P. C.; SEDIYAMA, T.; MASCAENHAS, M. H. T.; FERREIRA, F. A. Avaliação de herbicidas no controle de plantas daninhas em mandioca-salsa. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 921-926, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400014>

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FRANÇA, A. C.; SEDIYAMA, T. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 901-910, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000400025>

WŁODARCZYK, M.; SIWEK, H. Influence of formulation on mobility of clomazone in soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 97, n. 4, p. 582-587, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-016-1903-7>