

Seletividade de herbicidas para pupunheira

Herbicide selectivity for peach palm

Selectividad de herbicidas para pejobaye

Recebido: 25/03/2025 | Revisado: 27/03/2025 | Aceitado: 27/03/2025 | Publicado: 29/03/2025

José Roberto Antoniol Fontes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3319-8132>
Embrapa Amazônia Ocidental, Brasil
E-mail: jose.roberto@embrapa.br

Ronaldo Ribeiro de Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8917-4119>
Embrapa Amazônia Ocidental, Brasil
E-mail: ronaldo.morais@embrapa.br

André Luiz Atroch

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5102-6081>
Embrapa Amazônia Ocidental, Brasil
E-mail: andre.atroch@embrapa.br

Ricardo Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5559-9685>
Embrapa Amazônia Ocidental, Brasil
E-mail: ricardo.lopes@embrapa.br

Resumo

A pupunheira (*Bactris gasipaes*) é uma palmeira nativa da Amazônia cujos frutos são a principal forma de consumo pelos amazônidas e fonte de renda para extrativistas e agricultores familiares. Além da forma tradicional de consumo, a pupunheira é explorada para a produção sustentável de palmito em razão do perfilhamento das plantas e a área cultivada tem expandido para suprir a demanda da agroindústria do palmito. Como qualquer cultura, a pupunheira sofre interferência negativa de plantas daninhas que causam redução do crescimento das plantas e redução de produtividade e da qualidade do palmito. O controle de plantas daninhas com aplicação de herbicidas é uma alternativa ao controle manual, pois tem menor dependência de mão de obra, menor custo operacional e eficácia alta em período chuvoso. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade dos herbicidas 2,4-D dimetilamina (670, 1005, 1340 e 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 e 2250 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) e fenoxaprop (55, 82,5, 110 e 137,5 g). O experimento foi conduzido em condição de viveiro em vasos com plantas de pupunheira no estágio de quatro folhas completamente expandidas. O 2,4-D, diuron e o metribuzin foram aplicados sob o dossel das mudas e o fenoxaprop sobre as folhas. Todos os herbicidas em todas as doses foram seletivos para a pupunheira.

Palavras-chave: *Bactris gasipaes*; Herbicidas; Fitotoxicidade.

Abstract

The peach palm (*Bactris gasipaes*) is a palm tree native to the Amazon and its fruits are consumed by amazonian people and are a source of income for extractivists and smallholders. In addition to the traditional use, the peach palm has been exploited for sustainable production of heart of palm due to the tillering of the plants, and the cultivated area has expanded to meet the demand of the heart of palm agroindustry. Like any crop, the peach palm suffers negative interference from weeds that cause reduced plant growth and yield and quality of the heart of palm. Weed control with herbicides is an alternative to manual control, as it is less labor-intensive, has lower operational costs, and is highly effective during the rainy season. Thus, the objective of this study was to evaluate the selectivity of the herbicides 2,4-D dimethylamine (670, 1005, 1340 and 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 and 2250 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) and fenoxaprop (55, 82.5, 110 and 137.5 g). The experiment was conducted in nursery conditions in pots with peach palm seedlings at the stage growth of four fully expanded leaves. 2,4-D, diuron and metribuzin were applied under the canopy of the seedlings and fenoxaprop on the leaves. All herbicides at all doses were selective for peach palm.

Keywords: *Bactris gasipaes*; Herbicides; Phytotoxicity.

Resumen

El pejobaye (*Bactris gasipaes*) es una palmera originaria de la Amazonía y sus frutos son consumidos por la población amazónica y constituyen una fuente de ingresos para extractivistas y agricultores familiares. Además de la forma tradicional de consumo, el pejobaye ha sido explorado para la producción sustentable de palmito debido al macollamiento de las plantas y su cultivo se ha ampliado para atender la demanda de la agroindustria del palmito. Como cualquier cultivo, pejobaye sufre la interferencia negativa de las malezas que provocan una reducción del crecimiento de la planta y una menor productividad y calidad del palmito. El control de malezas con aplicación de herbicidas es una

alternativa al control manual, ya que requiere menos mano de obra, tiene menores costos operativos y es muy efectivo durante la época de lluvias. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar la selectividad de los herbicidas 2,4-D dimetilamina (670, 1005, 1340 y 1675 g), diurón (750, 1250, 1750 y 2250 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) y fenoxaprop (55, 82,5, 110 y 137,5 g). El experimento se llevó a cabo en condiciones de vivero en macetas con plántulas de pejibaye con cuatro hojas completamente expandidas. Se aplicaron 2,4-D, diurón y metribuzin bajo el dosel de las plántulas y fenoxaprop sobre las hojas. Todos los herbicidas en todas las dosis fueron selectivos para el pejibaye.

Palabras clave: *Bactris gasipaes*; Herbicidas; Fitotoxicidad.

1. Introdução

A pupunheira (*Bactris gasipaes*, Monocotyledoneae, Arecaceae) é uma palmeira nativa da Amazônia explorada ao longo de milênios e cujos frutos, ricos em óleos e amido, são a principal forma de consumo pelos amazônidas (Clement et al., 2010; Brandão et al., 2021). Outra forma de consumo é o palmito, alimento com textura macia, valor calórico baixo e rico em proteínas, fibras, cálcio e potássio (Spacki et al., 2022). Há estudos que avaliaram a viabilidade do uso de farinhas obtidas de resíduos da produção de palmito (Melo et al., 2021) e de frutos (Carvalho et al., 2023) na panificação.

Em 2023, a produção brasileira de palmito (*Euterpe edulis*, *E. oleracea* e *B. gasipaes*) foi de 112.123 t e valor de 431 milhões de reais (Ibge, 2024). O cultivo da pupunheira para a produção de palmito é considerada alternativa rentável e sustentável à exploração de *E. edulis*, espécie nativa da Mata Atlântica e ameaçada de extinção (Cordeiro & Silva, 2007; Massignam et al., 2014).

A interferência negativa de plantas daninhas na cultura da pupunha provoca redução do crescimento das plantas e a produtividade de palmito (Oliveira Jr. et al., 2005) e plantas de pupunheira submetidas à livre interferência de plantas daninhas durante 135 dias após o plantio de mudas (estádio de quatro folhas) sofreram redução de 74, 74, 62 e 93% da altura de plantas, do diâmetro do caule, do número de folhas e da massa fresca de folhas, respectivamente, em relação às plantas crescidas sem competição (Bogantes-Arias et al., 2004). Nas áreas cultivadas com pupunheira a diversidade de espécies daninhas é grande, com espécies monocotiledôneas e dicotiledôneas, ciclo de vida anual e perene, com porte de plantas herbáceo a arbustivo e mecanismo de carboxilação C3 e C4 (Bogantes-Arias & Agüero-Alvarado, 2003; Souza et al., 2003; Oliveira Jr. et al., 2005). Bogantes-Arias e Agüero-Alvarado (2003) relataram que a interferência negativa de plantas daninhas é mais intensa no primeiro ano de implantação da cultura em razão do crescimento inicial lento das plantas.

A ação de controle de plantas daninhas mais empregada na cultura da pupunha é a mecânica, com coroamento na área de projeção da copa e roçada nas entrelinhas (Nogueira et al., 1995; Flores et al., 2019). De acordo com Nogueira et al. (1995) são necessários 16 e 18 dias.homem para realizar o coroamento e roçada, respectivamente, em um ha de lavoura de pupunha para a produção de palmito. O controle mecânico em coroamento deve ser realizado com cuidado para evitar danos às raízes da pupunheira, pois até 90% da massa de raízes das plantas se concentrarem nos primeiros 30 cm de profundidade e em até 90% da área de projeção de sua copa (Kuhn et al., 2001; Lopes et al., 2014). A manutenção da integridade das raízes da pupunheira no coroamento é importante, pois cerca de 70% da absorção de nitrogênio ocorre nas raízes situadas na área de projeção da copa (Lehmann et al., 2000). O controle de plantas daninhas com herbicidas na cultura da pupunha, por sua vez, é ação de controle que tem vantagens em relação ao controle mecânico, pois é menos dependente de mão de obra e não provoca danos às raízes superficiais. No Amazonas estão registrados herbicidas à base de glifosato (sal de isopropilamina e sal de di-amônio) e de glufosinato de amônio para uso na cultura (Adaf, 2025). O glifosato e o glufosinato de amônio são aplicados em pós-emergência das plantas daninhas, pois não têm ação residual no solo e sem ação sobre sementes e plântulas em emergência. O glifosato é fortemente adsorvido aos colóides do solo (Haney et al., 2000) e o glufosinato de amônio sofre degradação microbiana rápida e sua meia-vida no solo é de quatro dias (Bartsch & Tebbe, 1989). Contudo, o controle de plantas daninhas com herbicidas baseado em número pequeno de princípios ativos pode ter como desvantagens seleção de espécies daninhas tolerantes (Campbell et al., 2019) e, ou de biótipos resistentes (Ofosu et al., 2023).

No Brasil e em outros países já foram realizadas avaliações da seletividade de herbicidas e de eficácia de controle de plantas daninhas na cultura da pupunheira (Arias & Gamboa, 1995; DeFrank & Clement, 1995; Bogantes-Arias et al., 2004; Oliveira Jr. et al., 2005; Queiroz et al., 2016). A seletividade é a base para o controle eficiente e seguro de plantas daninhas em culturas (Oliveira Jr. & Inoue, 2011) e relacionada à resposta diferencial das espécies vegetais a um mesmo herbicida (Devine et al., 1993).

O diuron e o metribuzin agem como inibidores fotossintéticos bloqueando o fluxo de elétrons ao nível de fotossistema II competindo com a plastoquinona pelo sítio de ligação na proteína D1 localizada na membrana dos tilacoides (Trebst, 1987; Richburg et al., 2020), provocando destruição de carotenoides e clorofila (Williams et al., 2009) em razão da formação de espécies reativas de oxigênio (Wang et al., 2022). Nas plantas tolerantes ao diuron a molécula herbicida sofre reações de desmetilação e de conjugação com glicose resultando em formas não tóxicas (Pascal-Lorber et al., 2010). Nas plantas tolerantes ao metribuzin ocorre a conjugação da molécula herbicida e de seus derivados com açúcares ou peptídeos (Gawronski et al., 1987). O herbicida 2,4-D é um mimetizador de auxina e indicado para controle de plantas daninhas dicotiledôneas em pós-emergência. O modo de ação envolve a estimulação da biossíntese de etileno, acúmulo de ácido abscísico, redução da síntese de amido, de aminoácidos e de ácido nucléico e superprodução de espécies reativas de oxigênio que provoca perda de integridade de membrana celular (Grossmann, 2010). Nas espécies monocotiledôneas o 2,4-D é metabolizado via hidroxilação do anel aromático com formação de compostos sem ação tóxica (Hatzios et al., 2005). O fenoxaprop inibe a atividade da forma eucariótica da enzima acetil-coenzima carboxilase (ACCase) presente nos plastídeos de espécies da família Poaceae (Burton et al., 1991) impedindo a formação de malonil-CoA a partir da carboxilação de acetil-CoA e a síntese de ácidos graxos (Knowles, 1989). Nas plantas tolerantes o herbicida não tem ação sobre as formas procariótica e eucariótica presente no citoplasma (Alban et al., 1994).

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar a seletividade dos herbicidas 2,4-D dimetilamina (670, 1005, 1340 e 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 e 2250 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) e fenoxaprop (55, 82,5, 110 e 137,5 g) para a pupunheira.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa experimental de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018) e com uso de critérios estatísticos (Vieira, 2021). O experimento foi conduzido em vasos em viveiro a céu aberto na Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM. O substrato utilizado foi terra (Latosolo Amarelo) coletada em camada de 0-20 cm de profundidade em mata secundária (capoeira) e peneirada em malha de 2 mm. Na Tabela 1 estão apresentados valores de atributos químicos e do teor de argila de amostra de terra utilizada.

Tabela 1 - Atributos químicos e teor de argila de amostra de terra utilizada como substrato. Manaus, 2025.

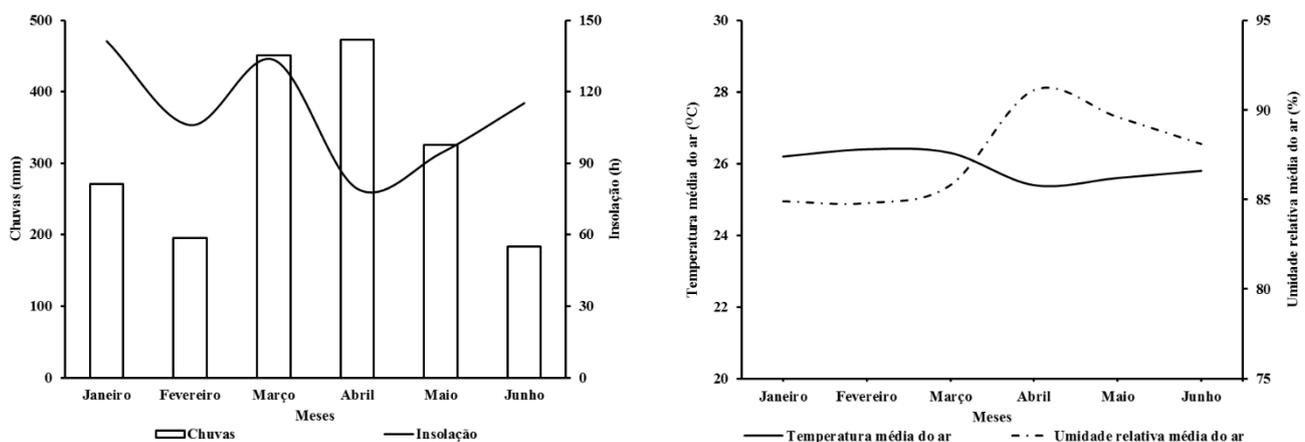
pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	M	Argila
	g kg ⁻¹	---- mg dm ⁻³ ----				cmolc dm ⁻³ -----			----- % -----		g kg ⁻¹
3,89	64,7	7	35	0,47	0,13	6,93	0,73	7,66	9,5	65,9	735

MO - matéria orgânica (Walkley-Black). P - fósforo e K - potássio (Mehlich-1). Ca - cálcio e Mg - magnésio (KCl 1 mol L⁻¹). H + Al - acidez total (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹). SB - soma de bases. T - capacidade de troca de cátions a pH 7,0. V e m - saturação por bases e por alumínio, respectivamente. Fonte: Dados da pesquisa.

A saturação por bases do substrato foi elevada a 50% com aplicação de calcário dolomítico (PRNT=92%). Setenta e cinco dias após a incubação do calcário foram aplicados ao substrato cloreto de potássio e superfosfato simples com doses de 0,5 e 1,5 g kg⁻¹, respectivamente, colocado em vasos plásticos com capacidade de 11 dm³ e realizada irrigação até a saturação.

No dia seguinte mudas de pupunheira com quatro folhas completamente expandidas foram transplantadas para os vasos (uma muda por vaso). As sementes de pupunheira utilizadas para a formação de mudas foram obtidas de um campo de produção de sementes compostas por plantas-matrizes inermes selecionadas para a produção de palmito (Rodrigues et al, 2017). Um dia após o transplante foi realizada adubação nitrogenada com aplicação de 0,5 g de ureia vaso⁻¹ previamente diluída em água. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente no período vespertino para manter a umidade do substrato. Quinze dias após o transplante foi realizada a aplicação dos herbicidas 2,4-D dimetilamina (670, 1005, 1340 e 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 e 2250 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) e fenoxaprop (55, 82,5, 110 e 137,5 g). Para aplicação dos herbicidas foi empregado um pulverizador pressurizado com dióxido de carbono equipado com barra munida com uma ponta de pulverização de jato plano. Para a pulverização dos herbicidas 2,4-D, diuron e metribuzin foi utilizada ponta 110.06 com pressão de 206,8 kPa e vazão de 180 L ha⁻¹ e do fenoxaprop ponta 110.04 com pressão de 172,4 kPa e vazão de 130 L ha⁻¹. A pulverização dos herbicidas foi realizada no período vespertino, com céu nublado, temperatura e umidade relativa do ar de 24° C e 84%, respectivamente. As pulverizações dos herbicidas 2,4-D, diuron e metribuzin foram realizadas sobre a superfície do substrato e abaixo do dossel das plantas e a do fenoxaprop 50 cm acima do dossel. Mudas foram realizadas semanalmente para eliminar plantas daninhas emergidas no substrato. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições num esquema fatorial 4x4+1 (quatro herbicidas, quatro doses mais uma testemunha adicional sem pulverização de herbicidas). A fitotoxicidade foi estimada visualmente aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas adotando escala percentual, com notas variando de zero a 100, onde zero significa ausência de sintomas e 100, morte da planta (Frans et al., 1986). Aos 75 DAA foram realizadas as medições da altura de plantas (da superfície do substrato até a interseção do folíolo da folha mais alta), do diâmetro do coleto (a um cm de altura acima da superfície do substrato), coleta de folhas (folíolos sem a raque), do caule (caule, pecíolo e raque) e das raízes após lavagem com água corrente. O material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar forçada a 70°C até atingir peso constante. Com os dados de altura de plantas e do diâmetro do coleto e de massa vegetal seca foi calculado o índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960), empregando a fórmula $IQD = \frac{MST}{AP/DC + MPAS/MRS}$, onde IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa total seca; AP/DC = relação entre altura de planta (AP)/diâmetro do coleto (DC); MPAS/MRS = relação massa de parte aérea seca (MPAS)/massa de raízes secas (MRS). As variáveis avaliadas foram porcentagem de fitointoxicação, massa de folhas secas, massa de caule seco, massa de parte aérea seca, massa de raízes secas, massa total seca e índice de qualidade de Dickson. Na Figura 1 estão apresentados os dados climatológicos registrados durante o período de condução do experimento.

Figura 1 - Chuvas (mm), insolação (h), temperatura média do ar (°C) e umidade relativa média do ar (%) registradas durante o período de condução do experimento. Manaus, 2025.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados de porcentagem de fitointoxicação foram transformados para $\arcsen \sqrt{x}$ e junto com os demais foram analisados utilizando o programa R (Ferreira et al., 2013).

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 2 está apresentado resumo da análise de variância da fitotoxicidade de herbicidas em plantas de pupunheira nas épocas de avaliação e a comparação de médias entre o fatorial e a testemunha adicional.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para fitotoxicidade e comparação entre as médias de fitotoxicidade do fatorial e da testemunha adicional com aplicação de herbicidas em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). Manaus, 2025.

Fonte de variação	g.l.	Quadrados médios			
		7 DAA	21 DAA	35 DAA	49 DAA
Herbicidas (H)	3	0,0058*	0,0042*	0,00042 n.s.	0,00041 n.s.
Doses (D)	3	0,0035 ^{n.s.}	0,0071**	0,00024 n.s.	0,00043 n.s.
H x D	9	0,0024 ^{n.s.}	0,0034*	0,00124 n.s.	0,00054 n.s.
Fatorial vs. Adicional	1	0,0942*	0,0973*	0,083*	0,0621*
Média Fatorial	-	3,3 (0,183) a	3,4 (0,186) a	3,2 (0,171) a	2,7 (0,148) a
Média Adicional	-	0 (0) b	0(0) b	0(0) b	0(0) b
Resíduo	34	-	-	-	-
Total	50	-	-	-	-
Coefficiente de variação (%)	-	23,08	21,81	19,23	15,85

g.l. - graus de liberdade. DAA - dias após a aplicação. *, ** e n.s. - significativo a 5, 1 e não significativo, respectivamente, pelo teste F. Valores entre parênteses se referem aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Na comparação Fatorial vs. Adicional médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa.

Aos 7 e 21 DAA a fitotoxicidade foi influenciada pelo fator herbicidas e pela interação herbicidas x doses, respectivamente, enquanto aos 35 e 49 DAA a fitotoxicidade não foi influenciada pelos fatores ou pela interação entre eles. Em todas as épocas de avaliação os valores médios de fitotoxicidade do fatorial foram significativamente superiores aos da testemunha, contudo, consideradas leves, caracterizada por amarelecimento discreto do limbo foliar. Fontes et al. (2025) avaliaram a seletividade dos herbicidas 2,4-D, diuron, metribuzin e fenoxaprop em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea*, Araceae) adotando esquema experimental semelhante ao utilizado no presente trabalho e relataram fitotoxicidade leve (5,1%) dos herbicidas e com os mesmos sintomas.

Na Tabela 3 estão apresentadas notas médias de fitotoxicidade provocadas pela aplicação dos herbicidas nas épocas de avaliação.

Tabela 3 - Valores médios ($n=3$) de notas de fitotoxicidade (%) provocada pelos herbicidas aplicados em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) nas quatro épocas de avaliação. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)			
	7 DAA	21 DAA	35 DAA	49 DAA
2,4-D	3,3 (0,178) ab	3,8 (0,191) ab	2,9 (0,169)	2,2 (0,146)
Diuron	2,4 (0,155) b	2,8 (0,167) b	2,8 (0,167)	2,0 (0,142)
Metribuzin	4,6 (0,207) a	3,2 (0,175) b	2,8 (0,167)	2,3 (0,149)
Fenoxaprop	3,8 (0,189) ab	4,7 (0,209) a	3,4 (0,180)	2,5 (0,156)

DAA - dias após a aplicação. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses se referem aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

Aos 7 DAA ocorreu diferença significativa apenas entre as notas de fitotoxicidade do metribuzin (mais alta) e do diuron (mais baixa) e aos 21 DAA as diferenças significativas ocorreram entre as notas do fenoxaprop (mais alta) e do diuron e do metribuzin (mais baixas). Aos 35 e 49 DAA as fitotoxicidades não foram significativamente diferentes entre si. Para todos os herbicidas e em todas as épocas de avaliação as fitotoxicidades foram consideradas leves. Oliveira Jr. et al. (2005) relataram que aplicações dos herbicidas inibidores de ACCase clethodim (110 g), fluazifop-p-butil (190 g) e sethoxydim (230 g) sobre as folhas de pupunheira e de 2,4-D (670 g) e de diuron (2000 g) sobre a superfície do solo e abaixo do dossel das plantas provocaram intoxicação leve nas plantas. Queiroz et al. (2016) aplicaram a mistura clethodim + fenoxaprop (50 + 50 g) sobre as folhas de pupunheira e verificaram que a fitotoxicidade máxima atingiu 3,5% aos 21 DAA.

Na Tabela 4 estão apresentadas as notas de fitotoxicidade provocadas pelas doses dos herbicidas em cada época de avaliação.

Tabela 4 - Valores médios ($n=3$) de notas de fitotoxicidade (%) provocada pelas doses dos herbicidas aplicados em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) nas quatro épocas de avaliação. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)			
	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
7 dias após a aplicação				
2,4-D	3,7 (0,191)	3,3 (0,180)	3,0 (0,170)	3,0 (0,170)
Diuron	2,3 (0,153)	2,7 (0,163)	2,0 (0,142)	2,7 (0,163)
Metribuzin	3,0 (0,170)	2,7 (0,163)	6,0 (0,240)	6,7 (0,258)
Fenoxaprop	3,3 (0,180)	3,0 (0,170)	3,0 (0,170)	5,7 (0,240)
21 dias após a aplicação				
2,4-D	2,0 (0,142)	3,3 (0,180)	4,0 (0,197)	6,0 (0,245) ab
Diuron	3,0 (0,170)	3,3 (0,180)	2,3 (0,153)	2,7 (0,163) b
Metribuzin	3,0 (0,170)	2,3 (0,153)	4,3 (0,208)	3,0 (0,170) b
Fenoxaprop	3,0 (0,170)	3,0 (0,170)	4,3 (0,208)	8,3 (0,290) a
35 dias após a aplicação				
2,4-D	2,7 (0,163)	3,7 (0,190)	2,3 (0,153)	2,3 (0,153)
Diuron	3,7 (0,191)	2,7 (0,163)	2,3 (0,153)	2,3 (0,153)
Metribuzin	2,7 (0,163)	2,3 (0,153)	3,0 (0,170)	3,0 (0,170)
Fenoxaprop	2,0 (0,142)	4,0 (0,191)	4,0 (0,191)	4,0 (0,191)
49 dias após a aplicação				
2,4-D	2,3 (0,153)	2,7 (0,163)	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)
Diuron	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)
Metribuzin	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)	3,0 (0,170)	2,0 (0,142)
Fenoxaprop	2,0 (0,142)	3,0 (0,170)	2,0 (0,142)	2,0 (0,142)

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores entre parênteses se referem aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

Ocorreu diferença significativa entre notas de fitotoxicidade apenas com aplicação da maior dose dos herbicidas aos 21 DAA, com a fitotoxicidade do fenoxaprop superando o diuron e o metribuzin e se igualando à do 2,4-D. Todos os herbicidas aplicados e em todas as doses provocaram fitotoxicidade leve nas plantas de pupunheira.

Na Tabela 5 estão apresentadas as equações de regressão da fitotoxicidade dos herbicidas em plantas de pupunheira em função do aumento de doses nas quatro épocas de avaliação.

Tabela 5 - Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) em função do aumento de doses nas quatro épocas de avaliação. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)	
	7 dias após a aplicação	21 dias após a aplicação
2,4-D	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,3 (0,178)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,667 + 1,27^*x$ ($\hat{Y} = \bar{Y} = 0,109 + 0,033^*x$); $R^2 = 0,971$
Diuron	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,4 (0,155)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,8 (0,168)$
Metribuzin	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,6 (0,208)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,2 (0,175)$
Fenoxaprop	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,8 (0,190)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,33 - 3,26x + 0,35^*x^2$ ($\hat{Y} = \bar{Y} = 0,211 - 0,062x + 0,02^*x^2$); $R^2 = 0,995$
	35 dias após a aplicação	49 dias após a aplicação
2,4-D	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,9 (0,169)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,2 (0,146)$
Diuron	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,8 (0,168)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,0 (0,142)$
Metribuzin	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,8 (0,168)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,3 (0,149)$
Fenoxaprop	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,4 (0,180)$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,5 (0,156)$

* significativo a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses se referem aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

Ocorreu variação significativa de fitotoxicidade apenas aos 21 DAA com aumento de doses dos herbicidas 2,4-D e fenoxaprop, com ajustes aos modelos linear e quadrático, respectivamente.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores dos quadrados médios de altura de plantas, diâmetro do coleto, massa de folhas secas, massa de caule seco, massa de raízes secas e do índice de qualidade de Dickson de plantas de pupunheira submetidas à aplicação de herbicidas.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para altura de plantas, diâmetro do coleto, massa de folhas secas, massa de caule seco, massa de parte aérea seca, massa de raízes secas, massa seca total e índice de qualidade de Dickson e comparação das médias da testemunha adicional e do fatorial com aplicação de herbicidas em plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). Manaus, 2025.

F.V.	g.l.	Quadrados médios							
		AP	DC	MFS	MCS	MPAS	MRS	MTS	IQD
H	3	109,61 ^{n.s.}	0,02 ^{n.s.}	251,36 ^{n.s.}	599,6 ^{n.s.}	615,56 ^{n.s.}	314,81 ^{n.s.}	1460,83 ^{n.s.}	1,63 ^{n.s.}
D	3	73,34 ^{n.s.}	0,27 ^{n.s.}	103,17 ^{n.s.}	73,49 ^{n.s.}	238,49 ^{n.s.}	538,45 ^{n.s.}	1303,55 ^{n.s.}	4,92 ^{n.s.}
H X D	9	214,18 ^{n.s.}	0,36 ^{n.s.}	147,41 ^{n.s.}	332,08 ^{n.s.}	804,93 ^{n.s.}	741,83 ^{n.s.}	2808,59 ^{n.s.}	6,33 ^{n.s.}
F vs. A	1	130,83 ^{n.s.}	0,23 ^{n.s.}	697,62*	203,04 ^{n.s.}	1653,47 ^{n.s.}	206,44 ^{n.s.}	3026,47 ^{n.s.}	5,39 ^{n.s.}
Média F	-	78,0	4,2	47,1 b	54,5	101,7	89,2	190,9	9,6
Média A	-	84,8	4,5	62,8 a	63,1	125,9	97,8	223,7	11,1
Resíduo	34	99,45	-	-	-	-	-	-	-
Total	50	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	-	12,79	11,02	21,28	34,75	15,39	25,76	23,46	25,29

F.V. - fonte de variação. g.l. - graus de liberdade. AP - altura de plantas (cm). H - herbicidas. D - doses. F - fatorial. A - adicional. DC - diâmetro do coleto (mm). MFS - massa de folhas secas (g). MCS - Massa de caule seco (g). MPAS - massa de parte aérea seca. MRS - massa de raízes secas (g). MTS - massa total seca (g). IQD - índice de qualidade de Dickson. * e n.s. - significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F. C.V. - coeficiente de variação. Na comparação Fatorial vs. Adicional médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa.

Os fatores (herbicidas e doses) isolados e a interação entre ambos não influenciaram significativamente nenhuma das variáveis avaliadas. Apenas a massa de folhas secas no contraste fatorial vs. adicional sofreu variação significativa, com redução de 25% da massa do fatorial em relação à massa da testemunha adicional.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios da altura de plantas, diâmetro do coleto, massa de folhas secas, massa de caule seco, massa de raízes secas e do índice de qualidade de Dickson de plantas de pupunheira submetidas à aplicação de herbicidas.

Tabela 7 - Valores médios ($n=3$) da altura de plantas (AP), diâmetro do coleto (DC), massa de folhas secas (MFS), massa de caule seco (MCS), massa de parte aérea seca (MPAS), massa de raízes secas (MRS), massa total seca (MTS) e índice de qualidade de Dickson de plantas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) submetidas à aplicação de herbicidas. Manaus, 2025.

Herbicidas	AP (cm)	DC (mm)	MFS (g)	MCS (g)	MPAS (g)	MRS (g)	MTS (g)	IQD
2,4-D	63,9	3,3	41,4	55,5	96,9	88,9	185,8	9,37
Diuron	64,5	3,1	46,5	63,7	110,2	89,5	199,7	9,69
Metribuzin	59,4	3,2	48,1	46,7	94,8	83,1	177,9	9,49
Fenoxaprop	63,8	3,2	52,5	52,4	104,9	95,6	200,5	10,21
Doses	AP (cm)	DC (mm)	MFS (g)	MCS (g)	MPAS (g)	MRS (g)	MTS (g)	IQD
D1	63,8	3,2	44,4	56,2	100,6	87,1	187,7	9,51
D2	60,8	3,1	45,4	52,6	98,0	80,8	178,8	8,87
D3	62,2	3,2	47,7	52,3	100,0	93,7	193,7	10,13
D4	64,7	3,2	50,9	57,2	108,1	95,4	203,5	10,27

AP - altura de plantas. DC - diâmetro do coleto. MFS - massa de folhas secas. MCS - massa de caule seco. MPAS - massa de parte aérea seca. MRS - massa de raízes secas. MTS - massa total seca. IQD - índice de qualidade de Dickson. Fonte: Dados da pesquisa.

Em avaliações de seletividade de herbicidas para culturas as estimativas de atributos relacionados ao crescimento das plantas, como altura e massa (fresca ou seca), são utilizadas como indicadores da ação tóxica dos herbicidas. Queiroz et al. (2016) avaliaram a seletividade de herbicidas (clethodim + fenoxaprop, fomesafen, fluazifop, lactofen, nicosulfuron, quizalofop e sethoxydim) para a pupunheira utilizando mudas com idades de 17 e 23 meses de idade. Nas plantas com 17 meses a altura de plantas e a massa de parte aérea seca não foram influenciadas pelos herbicidas, enquanto nas plantas com 23 meses ocorreu variação significativa desses atributos.

4. Conclusão

Os herbicidas 2,4-D, diuron, metribuzin e fenoxaprop são seletivos para a pupunheira.

Referências

- ADAF. *Lista de produtos*. <http://www.adaf.am.gov.br/lista-de-Produtos-atox>.
- Alban, C.; Baldet, P.; & Douce, R. (1994). Localization and characterization of two structurally different forms of acetyl-CoA carboxylase in young pea leaves, of which one is sensitive to aryloxyphenoxypropionate herbicides. *Biochemical Journal*, 300, 557-565.
- Arias, V.; & Gamboa, C. (1995). Control químico de *Spermacoce latifolia* (SYN: *Borreria latifolia*) em uma plantación de pejobaye (*Bactris gasipaes*) para palmito em la zona atlántica de Costa Rica. *Boletín Técnico – Estación Experimental Fabio Baudrit M*, 28, 1-12.
- Bartsch, K.; & Tebbe, C. C. (1989). Initial steps in the degradation of phosphinothricin (glufosinate) by soil bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 55, 711–716.
- Bogantes-Arias, A.; & Agüero-Alvarado, R. (2003). Dinámica y control de malezas en pejobaye para palmito (*Bactris gasipaes* K.). *Agronomía Mesoamericana*, 14, 41-49.
- Bogantes-Arias, A.; Agüero-Alvarado, R.; & Mora, J. (2004). Palmito de pejobaye (*Bactris gasipaes* K.): distancias de siembra y manejo de malezas. *Agronomía Mesoamericana*, 15, 185-192.
- Brandão, C. P. et al. (2021). Perfil e preferências do consumidor de frutos de pupunha da cidade de Belém, Pará. *Research, Society and Development*, 10, e28810716502.
- Burton, J. D. et al. (1991). Kinetics of inhibition of acetyl-coenzyme A carboxylase by sethoxydim and haloxyfop. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39, 100-109.

- Campbell, P. L.; Beckett, R. P.; & Leslie, G. W. (2019). Weed management in sugarcane using a combination of imazapyr followed by velvet bean as a break crop. *South African Journal of Plant and Soil*, 36, 83-90.
- Carvalho, A. V. et al. (2023). Obtenção de produtos de panificação a partir da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de pupunha. *Research, Society and Development*, 12, e16112642167.
- Clement, C. R. et al. (2010). Origin and domestication of native amazonian crops. *Diversity*, 7, 72-106.
- Cordeiro, S. A., & Silva, M. L. D. (2010). Rentabilidade e risco de investimento na produção de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.). *Cerne*, 16, 53-59.
- DeFrank, J.; & Clement, C. R. (1995). Weed control in pejobaye heart of palm plantations in Hawaii. *HortScience*, 30, 1215-1216.
- Devine, M.; Duke, S. O.; & Fedtke, C. (1993). Physiology of herbicide action. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 441p
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10-13.
- Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; & Nogueira, D. A. (2013). *ExpDes.pt: experimental designs package*. <http://cran.r-project.org/package=ExpDes.pt>.
- Flores, W. B. C. et al. (2019). *A cultura da pupunha: cultivo e beneficiamento*. Manaus: Editora INPA. 16 p.
- Fontes, J. R. A. et al. (2025). Seletividade de herbicidas para açazeiro. *Research, Society and Development*, 14, e7914248272.
- Frans, R. R. et al. (1986). Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. in: Camper, N. D. Ed. *Research Methods in Weed Science*. 3 ed. Champaign IL, USA: Southern Weed Science Society. 29-46.
- Gawronski, S. W.; Haderlie, L. C.; & Stark, J. C. (1987). Metribuzin metabolism as the basis for tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Weed Research*, 27, 49-55.
- Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, 66, 113-120.
- Haney, R. et al. (2002). Effect of roundup ultra on microbial activity and biomass from selected soils. *Journal of Environmental Quality*, 31, 730-735.
- Hatzios, K.; Hock, B.; & Elstner, E.F. (2005). Metabolism and elimination of toxicants. In: Hock, B.; Elstner, E. F. Ed. *Plant Toxicology*. CRC Press. Boca Raton. 469-518.
- IBGE. (2024). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>.
- Massignam, A. M. et al. (2014). Zoneamento climático da pupunha (*Bactris gasipaes*) para o Estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 27, 86-90.
- Knowles, J. R. (1989). The mechanism of biotin-dependent enzymes. *Annual Reviews of Biochem*, 58, 195-221.
- Kuhn, A. J. et al. (2001). Uptake of mineral cations into *Bactris gasipaes* roots and structure of the rhizodermis. In: Horst, W. J. et al. Eds. *Plant nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research*. Kluwer Academic Publishers. 256-257.
- Lehmann, J. et al. (2000). Nitrogen use in mixed tree crop plantations with a legume cover crops. *Plant and Soil*, 225, 63-72.
- Lopes, A. D. S. et al. (2014). Distribution of the root system of peach palm under drip irrigation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36, 317-321.
- Melo, G. B. et al. (2021). Snack extrusado a base de arroz com *Spirulina platensis* e farinha mista de subprodutos de laranja e palmito pupunha. *Research, Society and Development*, 10, e41310515142.
- Nogueira, O. L. et al. (1995). *A cultura da pupunha*. Belém: Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. 50 p.
- Ofosu, R. et al. (2023). Herbicide resistance: managing weeds in a changing world. *Agronomy*, 13, 1595.
- Oliveira Jr., R. S. et al. (2005). Diagnóstico e perspectivas do manejo de plantas daninhas na cultura da pupunha no noroeste do estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 27, 335-340.
- Oliveira Junior, R. S.; & Inoue, M. H. (2011). Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: Oliveira Junior, R. S.; Constantin, J.; Inoue, M. H. Eds. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax. 243-262.
- Pascal-Lorber, S. (2010). Metabolic fate of [¹⁴C]diuron and [¹⁴C]linuron in wheat (*Triticum aestivum*) and radish (*Raphanus sativus*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58, 10935-10944.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Queiroz, J. R. G. et al. (2016). Herbicide selectivity in the early development of alexander palm and peach palm. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 2891-2900.
- Richburg, J. T. et al. (2020). Tolerance of corn to PRE-and POST-applied photosystem II-inhibiting herbicides. *Weed Technology*, 34, 277-283.
- Rodrigues, H. S. et al. (2017). Variabilidade genética e seleção de progênies de pupunha via modelos mistos (REML/BLUP). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39, 165-173.
- Souza, L. S. A.; Silva, J. F.; & Souza, M. D. B. (2003). Composição florística de plantas daninhas em agroecossistemas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e pupunheira (*Bactris gasipaes*). *Planta Daninha*, 21, 249-255.

- Spacki, K. C. et al. (2022). Full exploitation of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth): State of the art and perspectives. *Plants*, 11, 3175.
- Trebst, A. (1987). The three-dimensional structure of the herbicide binding niche on the reaction center polypeptides of photosystem II. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 42, 742-750.
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Ed. GEN/Guanabara Koogan.
- Wang, X. D. et al. (2022). Molecular responses and degradation mechanisms of the herbicide diuron in rice crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70, 14352-14366.
- Williams, S. L. et al. (2009). Effects of the herbicide diuron on cordgrass (*Spartina foliosa*) reflectance and photosynthetic parameters. *Estuaries and coasts*, 32, 146-157.