

Seletividade de herbicidas para açazeiro

Herbicide selectivity for açai palm

Selectividad de herbicidas para la palma de açai

Recebido: 11/02/2025 | Revisado: 17/02/2025 | Aceitado: 17/02/2025 | Publicado: 21/02/2025

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

O açazeiro (*Euterpe oleracea*, Arecaceae) é uma palmeira nativa da Amazônia tradicionalmente explorada no sistema extrativista e cujos frutos são destinados à produção de bebida conhecida como vinho de açai. Em razão do consumo crescente o extrativismo não atende o aumento da demanda e o açazeiro passou a ser cultivado em áreas de terra firme na região amazônica. A interferência negativa de plantas daninhas é um fator que prejudica o crescimento das plantas e a produção de frutos nas lavouras em terra firme, exigindo a realização de controle periódico. O controle de plantas daninhas com herbicidas tem como vantagens obter eficácia de controle alta, menor custo, maior rendimento operacional e menor dependência de mão de obra. Os herbicidas seletivos controlam as plantas daninhas e não prejudicam o açazeiro, contudo, são necessárias avaliações para o uso seguro dos herbicidas. 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), fenoxaprop-p-ethyl (55, 82,5, 110 e 137,5 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) e sulfentrazone (500, 750, 1000 e 1250 g). O experimento foi conduzido em condição de viveiro em vasos com plantas de açazeiro, cultivar BRS Pai d'Égua, no estágio de cinco folhas completamente expandidas. O 2,4-D, diuron, metribuzin e sulfentrazone foram aplicados sob o dossel das mudas e o fenoxaprop-p-ethyl sobre as folhas. Todos os herbicidas em todas as doses foram seletivos para o açazeiro, com fitotoxicidade considerada leve.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*; Herbicidas; Fitotoxicidade.

Abstract

The açai palm (*Euterpe oleracea*, Arecaceae) is a palm tree native to the Amazon, traditionally exploited in the extractive system and whose fruits are used to produce a beverage known as açai wine. Due to increasing consumption, extractivism does not meet the increased demand and the açai palm has begun to be cultivated in upland areas in the Amazon region. The weed interference is a factor that impairs plant growth and fruit production in upland, requiring periodic control. Weed control with herbicides has the advantages of obtaining high control efficacy, lower cost, greater operational performance and less dependence on labor. Selective herbicides control weeds and do not impair the açai palm tree; however, evaluations are necessary for the safe use of herbicides. Thus, this study aimed to evaluate the selectivity of the herbicides 2,4-D dimethylamine (670, 1005, 1340 and 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 and 2250 g), fenoxaprop-p-ethyl (55, 82.5, 110 and 137.5 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) and sulfentrazone (500, 750, 1000 and 1250 g). The experiment was conducted in nursery conditions in pots with açai seedlings (BRS Pai d'Égua) at the growth stage of five fully expanded leaves. 2,4-D, diuron, metribuzin and sulfentrazone were applied under the canopy of the seedlings and fenoxaprop-p-ethyl on the leaves. All herbicides at all doses were selective for the açai palm, with phytotoxicity considered mild.

Keywords: *Euterpe oleracea*; Herbicides; Phytotoxicity.

Resumen

Açai (*Euterpe oleracea*, Arecaceae) es una palmera nativa de la Amazonia, tradicionalmente explotada en el sistema extractivo y cuyos frutos se utilizan para producir una bebida conocida como vino de açai. Debido al aumento del

consumo, el extractivismo no satisface la mayor demanda y la palma de açai comenzó a cultivarse en zonas de secano de la Amazonia. La interferencia negativa de malezas es un factor que perjudica el crecimiento de las plantas y la producción de frutos en cultivos, requiriendo un control periódico. El control de malezas con herbicidas tiene las ventajas de obtener alta eficiencia de control, menor costo, mayor rendimiento operacional y menor dependencia de trabajo. Los herbicidas selectivos controlan las malezas y no dañan la palma de açai, sin embargo, son necesarias evaluaciones para el uso seguro de herbicidas. Así, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la selectividad de los herbicidas 2,4-D dimetilamina (670, 1005, 1340 y 1675 g), diuron (750, 1250, 1750 y 2250 g), fenoxaprop-p-ethyl (55, 82,5, 110 y 137,5 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) y sulfentrazone (500, 750, 1000 y 1250 g). El experimento se realizó en condiciones de vivero en macetas con plantas de açai, cultivar BRS Pai d'Égua, en la etapa de crecimiento de cinco hojas completamente expandidas. Se aplicaron 2,4-D, diuron, metribuzin y sulfentrazone bajo el dosel de las plántulas y fenoxaprop-p-ethyl en las hojas. Todos los herbicidas en todas las dosis fueron selectivos para la palma de açai, y la fitotoxicidad se consideró leve.

Palabras clave: *Euterpe oleracea*; Herbicidas; Fitotoxicidad.

1. Introdução

O açazeiro (*Euterpe sp.*, Arecaceae) é explorado para a produção de frutos destinados ao processamento da polpa, com produção concentrada nos estados do Pará (*E. oleracea*) e do Amazonas (*E. precatória*), responsáveis por 90,4 e 7,4% da produção, respectivamente, e com valor da produção de 8,9 bilhões de reais em 2023 (IBGE, 2025). A demanda crescente pelo açai não é atendida pela produção extrativista (várzeas de estuário), verificando-se aumento significativo do cultivo em terra firme (Nogueira & Santana, 2016; Viana et al., 2021). A cultivar BRS Pai d'Égua é recomendada para cultivo em terra firme e na Tabela 1 estão apresentados atributos físicos e químicos de sua polpa.

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos de polpa de frutos de açai da cultivar BRS Pai d'Égua.

Sólidos solúveis (^o brix) - 4,43	Proteínas (%) ¹ - 17,71
Umidade (%) - 82,73	Fibra total (%) ¹ - 23,19
Sólidos totais (%) ¹ - 17,26	Antocianinas totais (mg/100g) ¹ - 603,21
Cinzas (%) ¹ - 3,06	Antocianinas monoméricas (mg/100g) ¹ - 454,11
Lipídeos (%) ¹ - 53,82	Compostos fenólicos totais (mg/AGE/100g) ¹ - 2444,68

¹ Resultados expressos em base seca. Fonte: Farias Neto (2019).

Em açazais cultivados as comunidades de plantas daninhas são formadas por espécies monocotiledôneas e dicotiledôneas, com ciclo de vida anual ou perene, reprodução sexuada e, ou assexuada, mecanismo de carboxilação C3 ou C4, porte herbáceo, subarbustivo ou arbóreo (Almeida et al., 2019 a; Almeida et al., 2019 b). Em razão dos espaçamentos largos adotados nos cultivos do açazeiro, de 5 x 5 a 6 x 4 m (Vieira et al., 2018), há exposição de grande parte da superfície do solo a radiação solar favorecendo a ocorrência de vários fluxos de germinação e emergência de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura. Segundo Oliveira et al. (2002), a fase inicial de crescimento do açazeiro (os três primeiros anos) é lenta e a interferência negativa de plantas daninhas é mais prejudicial nesse período.

Podem ser necessárias até cinco operações de controle por ano (Vieira et al., 2007; Vieira et al., 2018), controle realizado com roçadas ou capinas, de custo alto em razão do rendimento operacional baixo e da carência de mão de obra no meio rural e sem ação residual sobre as sementes de plantas daninhas no solo. O controle de plantas daninhas com herbicidas, por sua vez, tem maior rendimento operacional, menos dependente de mão de obra e alguns herbicidas têm ação em sementes de plantas daninhas em estádios iniciais de germinação. Em nível federal estão registrados para uso em açazais o glifosato, o glufosinato e o S-metolachlor (Agrofit, 2025), e no estado do Amazonas, o glifosato e glufosinato (Adaf, 2025). Embora o controle químico de plantas daninhas tenha vantagens sobre o controle mecânico ainda são poucos os estudos no Brasil que avaliaram a seletividade de herbicidas para o açazeiro (Romani et al., 2011; Brandão et al., 2014; Queiroz et al., 2016), o que dificulta o registro de mais princípios ativos herbicidas para a cultura.

Quanto à seletividade os herbicidas são classificados em seletivos, quando não prejudicam as plantas cultivadas e controlam as plantas daninhas, e não seletivos, com ação deletéria em plantas cultivadas e daninhas (Silva et al., 2007). A seletividade de um herbicida, principal atributo para seu uso (Jablonkai, 2015), é uma característica relativa, pois depende de fatores como a tecnologia de aplicação, dose empregada, do estágio de crescimento e do metabolismo das plantas daninhas e das condições ambientais (Silva et al., 2007; Jablonkai, 2015). Assim, avaliações de seletividade de herbicidas para culturas são necessárias para o uso seguro.

O 2,4-D é um herbicida que mimetiza a ação do ácido indolacético (AIA) e considerado uma auxina sintética. A sua ação tóxica envolve a biossíntese de etileno e acúmulo de ácido abscísico, produção excessiva de espécies reativas de oxigênio e destruição de membranas celulares (Grossmann, 2010). O 2,4-D pode ser absorvido pelas raízes das plantas (Jote, 2019) e translocado pelo xilema até os meristemas da parte aérea. Nas espécies monocotiledôneas tolerantes a molécula herbicida é transformada em compostos sem ação tóxica por meio de reação de hidroxilação do anel fenólico (Peterson et al., 2016). O diuron é atua nas plantas sensíveis bloqueando o fluxo de elétrons no fotossistema II, absorvido pelas raízes das plantas e translocado para as folhas onde atua inibindo a fotossíntese (Muhamad et al., 2013). Nas espécies tolerantes o diuron sofre N-desmetilação e conjugação com açúcares formando compostos sem ação tóxica (Pascal-Lorber et al., 2010). O fenoxaprop-p-ethyl inibe a atividade da forma homomérica da enzima acetil coenzima A carboxilase (ACCase) localizada nos plastídeos das monocotiledôneas (Takano et al., 2021). Entretanto, em algumas monocotiledôneas o fenoxaprop-p-ethyl e outros herbicidas inibidores da ACCase não têm ação inibitória sobre a enzima (Liu et al., 2019; Tang et al., 2020). O metribuzin é um inibidor do transporte de elétrons no fotossistema II e provoca formação espécies reativas de clorofila e oxigênio que degradam os carotenoides responsáveis pela proteção contra a fotoxidação (Ma et al., 2020). Nas plantas tolerantes o metribuzin pode sofrer reações de transformação (Frear et al. 1985) ou de conjugação com outras substâncias (Fedtke, 1991) e assim formar compostos sem ação tóxica. O sulfentrazone é absorvido pelas raízes das plantas e inibe a atividade da enzima protoporfirinogênio IX oxidase e acúmulo de protoporfirinogênio IX no cloroplasto, que extravasa para o citoplasma onde sofre conversão para protoporfirina IX. No momento que as plântulas emergem do solo a protoporfirina IX reage com a luz formando espécies reativas de oxigênio, provocando peroxidação de lipídios da membrana celular, extravasamento do conteúdo citoplasmático e morte da célula (Taziar et al., 2016). Nas espécies tolerantes o sulfentrazone, ainda nas raízes das plantas, sofre degradação oxidativa gerando metabólitos sem ação tóxica (Dayan et al., 1997).

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), fenoxaprop-p-ethyl (55, 82,5, 110 e 137,5 g), metribuzin (240, 480, 720, 960 g) e sulfentrazone (500, 750, 1000 e 1250 g).

2. Metodologia

O presente artigo adotou uma metodologia de pesquisa experimental com pouca natureza qualitativa em relação a descrição dos danos nas plantas da cultura, de natureza predominantemente quantitativa em relação aos outros aspectos medidos no estudo e fórmulas de cálculo de fitotoxicidade porcentual (Pereira et al., 2018). Também se utilizou estatística descritiva simples com cálculos de médias (Shitsuka et al., 2014) e critérios estatísticos (Vieira, 2021).

O experimento foi conduzido em vasos em ambiente de viveiro a céu aberto no Campo Experimental do KM 29 da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM. Foi utilizado como substrato terra (Latossolo Amarelo) coletada em camada de 0-20 cm de profundidade em mata secundária (capoeira) e peneirada em malha de 2 mm. Na Tabela 2 estão apresentados valores de atributos químicos e do teor de argila de amostra de terra utilizada.

Tabela 2 - Atributos químicos e teor de argila de amostra de terra utilizada como substrato. Manaus, 2023.

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

pH em água (1:2,5); MO – matéria orgânica (Walkley-Black); P – fósforo e K – potássio (Mehlich-1); Ca – cálcio e Mg – magnésio (KCl 1 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 efetiva. T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio. Fonte: dados da pesquisa.

Foi aplicado calcário dolomítico (PRNT=92%) para elevar a saturação por bases até 50%. Após período de incubação de 75 dias foram aplicados ao substrato cloreto de potássio e superfosfato simples com doses de 0,5 e 1,5 g kg⁻¹, respectivamente. Vasos plásticos com capacidade de 11 dm³ foram enchidos com o substrato e irrigados até a saturação. Um dia após a irrigação, mudas de açazeiro, BRS Pai d'Égua, com cinco folhas completamente expandidas foram transplantadas para os vasos (uma muda por vaso) e receberam 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 das mudas 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), sulfentrazone (500, 750, 1000 e 1250 g) em pré-emergência (PRE) e fenoxaprop-p-ethyl (55, 82,5, 110 e 137,5 g) em pós-emergência (POS). 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 pulverização dos herbicidas em PRE foi utilizada ponta 110.06 com pressão de 206,8 kPa e vazão de 180 L ha⁻¹ e do fenoxaprop-p-ethyl 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 25° C e 80%, respectivamente. A pulverização dos herbicidas em PRE foi realizada sobre a superfície do substrato e abaixo do dossel das plantas e a do fenoxaprop-p-ethyl 50 cm acima do dossel. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições em esquema fatorial 5x4X4+1 (cinco herbicidas, quatro doses, quatro épocas de avaliação mais uma testemunha adicional sem pulverização de herbicidas). A fitotoxicidade foi avaliada visualmente aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas adotando escala percentual, conforme descrito na Tabela 3.

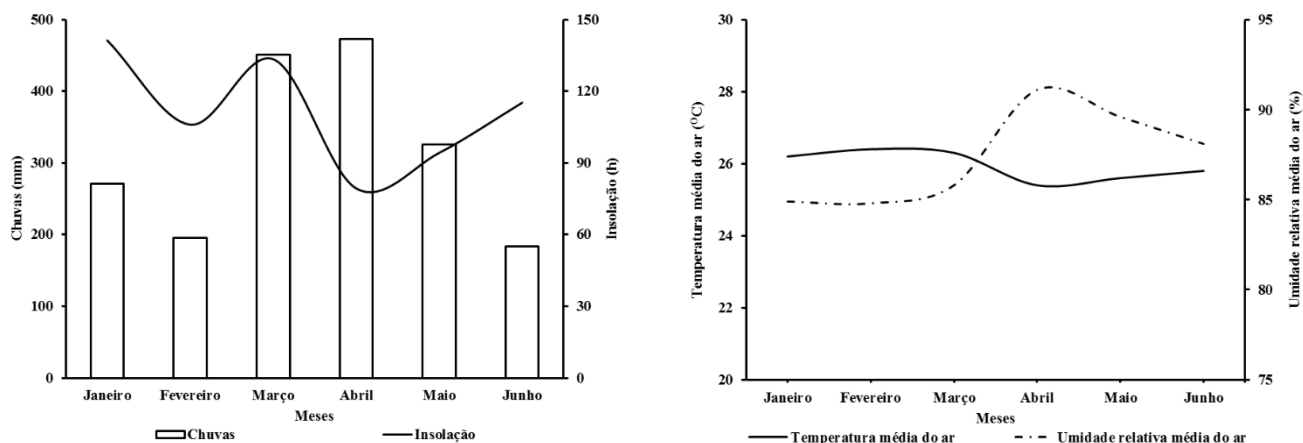
Tabela 3 - Notas de fitotoxicidade e descrição danos da escala de avaliação adotada. Manaus, 2025.

Notas (%)	Descrição dos danos nas plantas da cultura
0	Sem dano
Maior que zero até 10	Descoloração e, ou redução de crescimento leves
Maior que 10 até 20	Descoloração e, ou redução de crescimento moderadas
Maior que 20 até 30	Danos mais intensos e com recuperação
Maior que 30 até 40	Danos mais intensos e as plantas geralmente se recuperam
Maior que 40 até 50	Danos mais duradouros e a recuperação das plantas é incerta
Maior que 60 até 70	
Maior que 70 até 80	
Maior que 80 até 80	Danos severos e morte de plantas
Maior que 80 até 90	
Maior que 90 até 100	

Fonte: Frans et al. (1986).

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 experimentais (porcentagem de fitointoxicação) foram transformados para $\arcsen \sqrt{x}$ e analisados utilizando o programa R (R Core Team, 2016).

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 4 está apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e a comparação das médias de fitotoxicidade da testemunha adicional e do fatorial.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para fitotoxicidade, coeficiente de variação e comparação das médias de fitotoxicidade da testemunha adicional e do fatorial com aplicação de herbicidas em plantas de *Euterpe oleraceae*, BRS Pai d'Égua. Manaus, 2025.

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Blocos	2	-
Herbicidas (H)	4	0,1694*
Doses (D)	3	0,2127*
Épocas (E)	3	0,0419*
H X E	12	0,0398*
H X D	12	0,0368*
D X E	9	0,0123**
E X H X D	36	0,0061 ^{n.s.}
Adicional X Fatorial ²	1	0,0512***
Média Adicional	0 (0) b	-
Média Fatorial	5,1 (0,231) a	-
Resíduo	160	-
Total	242	-
C.V.	29,39	-

¹ Valores dos quadrados médios relativos aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). *, **, *** e n.s. – significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo, respectivamente. ² Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (entre parênteses estão apresentados os valores transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

A fitotoxicidade foi influenciada pelos fatores isolados e pela interação entre eles, exceto para a interação tripla. Comparando os valores da fitotoxicidade da testemunha adicional (zero) com a do fatorial (5,1) verificou-se diferença significativa entre ambas, contudo, com apenas danos leves às plantas, caracterizado por amarelecimento discreto do limbo foliar.

Na Tabela 5 estão apresentadas as equações de regressão da variação de fitotoxicidade dos herbicidas aplicados em plantas de açaí ao longo do período de avaliação.

Tabela 5 – Fitotoxicidade (%) de herbicidas em plantas de *Euterpe oleraceae*, BRS Pai d'Égua, ao longo do período de avaliação. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)	R ²
2,4-D	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,2$ (0,188)	-
Diuron	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,8$ (0,172)	-
Fenoxaprop-p-ethyl	$\hat{Y} = 2,305 + 2,793x - 0,621^{**}x^2$ ($\hat{Y} = 0,104 + 0,126x - 0,028^{**}x^2$)	0,465
Metribuzin	$\hat{Y} = 3,015 + 1,397^{**}x$ ($\hat{Y} = 0,136 + 0,063^{**}x$)	0,941
Sulfentrazone	$\hat{Y} = 0,244 + 6,097x - 1,175^*x^2$ ($\hat{Y} = 0,011 + 0,275x - 0,053^*x^2$)	0,731

Valores e equações entre parênteses referem-se aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

Verificou-se que a aplicação dos herbicidas provocou danos leves às plantas de açaí durante o período de avaliação. Para os herbicidas 2,4-D e diuron não ocorreu variação significativa de fitotoxicidade. A seletividade do 2,4-D para espécies monocotiledôneas é decorrente da translocação limitada e, ou sua degradação rápida (Peterson et al., 2016). Outro fator que provavelmente pode ter influenciado a fitotoxicidade do 2,4-D nas plantas é a correlação positiva e significativa da adsorção do herbicida a argilas (Bekbölet et al., 1999, Boivin et al., 2005). Como apresentado na Tabela 2 o teor de argila do solo utilizado no experimento foi de 735 g kg⁻¹ (textura muito argilosa). O diuron também foi seletivo para plantas de BRS Pai d'Égua, e provocou apenas descoloração leve das folhas. Brandão et al. (2014) relataram que o diuron (1750 g) provocou intoxicação nas plantas de *E. oleraceae* significativamente superior à testemunha sem aplicação quando o herbicida foi pulverizado sobre as folhas das plantas, procedimento metodológico distinto do adotado no presente trabalho, cuja aplicação foi realizada sobre a superfície do substrato e abaixo do dossel das plantas. As fitotoxicidades dos herbicidas fenoxaprop-p-ethyl e sulfentrazone se ajustaram no modelo quadrático, e do metribuzin no modelo linear. Aos 21 DAA as notas de fitotoxicidade do fenoxaprop-p-ethyl (6,5%), metribuzin (8,2%) e sulfentrazone (8,6%) foram as maiores durante o período e provocaram danos leves nas plantas de BRS Pai d'Égua. Brancalion et al. (2009) avaliaram a seletividade de sethoxydim, também um herbicida inibidor de AACase, e verificaram que plantas de juçara (*E. edulis*, Arecaceae) e jerivá (*Syagrus romanzoffiana*, Arecaceae) não foram afetadas pelo herbicida, provavelmente devido a insensibilidade da enzima ao herbicida. Brandão et al. (2016) relataram que o fenoxaprop-p-ethyl (50 g) foi seletivo para *E. oleracea* e *E. edulis*, com notas máximas de fitotoxicidade de 5,5 e 7%, respectivamente. Costa et al. (2020) avaliaram a seletividade do sulfentrazone (500 g ha⁻¹) em plantas de macaúba (*Acrocomia aculeata*, Arecaceae) cultivadas em vasos e verificaram que a aplicação em PRE (antes do plantio de mudas nos vasos) provocou fitotoxicidade leve durante o período de avaliação.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios das notas de fitotoxicidade dos herbicidas em cada época de avaliação.

Tabela 6 - Notas de fitotoxicidade (%) dos herbicidas aplicados em *Euterpe oleracea*, BRS Pai d'Égua, nas épocas de avaliação. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)							
	7 DAA		21 DAA		35 DAA		49 DAA	
2,4-D	4,9 (0,225)	a	4,3 (0,199)	c	3,6 (0,164)	b	3,7 (0,165)	b
Diuron	4,3 (0,193)	a	3,8 (0,172)	c	3,8 (0,171)	b	3,4 (0,152)	b
Fenoxaprop-p-ethyl	4,1 (0,186)	a	6,5 (0,291)	b	4,0 (0,179)	b	3,8 (0,171)	b
Metribuzin	4,1 (0,184)	a	8,2 (0,369)	a	7,7 (0,348)	a	6,1 (0,273)	a
Sulfentrazone	4,8 (0,218)	a	8,6 (0,391)	a	6,9 (0,311)	a	5,9 (0,269)	a

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

Em todas as épocas de avaliação os herbicidas provocaram apenas danos leves nas plantas de açaí. Aos 7 DAA não ocorreu diferença significativa entre tratamentos. Nas demais épocas, as fitotoxicidades dos herbicidas metribuzin e sulfentrazone foram significativamente superiores às dos demais. O metribuzin induziu amarelecimento leve das folhas aos 21, 35 e 49 DAA, restrito às folhas velhas (presentes no momento da pulverização dos herbicidas). A aplicação do sulfentrazone induziu a formação de algumas lesões necróticas muito pequenas e amarelecimento do limbo foliar das folhas mais velhas, efeito não observado nas folhas novas.

Na Tabela 7 estão apresentadas as equações de regressão da variação de fitotoxicidade dos herbicidas aplicados em plantas de açaí em função do aumento de doses.

Tabela 7 - Fitotoxicidade de herbicidas em plantas de *Euterpe oleracea*, BRS Pai d'Égua, em função do aumento de doses. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)	R ²
2,4-D	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,2 (0,188)$	-
Diuron	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,8 (0,172)$	-
Fenoxaprop-p-ethyl	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,6 (0,207)$	-
Metribuzin	$\hat{Y} = 1,641 + 1,929^*x$ ($\hat{Y} = 0,074 + 0,087^*x$)	0,992
Sulfentrazone	$\hat{Y} = 4,39 + 0,909x - 0,598x^{**2}$ ($\hat{Y} = 0,198 + 0,041x - 0,027^{**}x^2$)	0,937

Valores e equações entre parênteses referem-se aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: dados da pesquisa.

O aumento das doses do 2,4-D, diuron e fenoxaprop-p-ethyl não influenciou significativamente as fitotoxicidades dos herbicidas e foram consideradas leves (4,2, 3,8 e 4,6% para o 2,4-D, diuron e fenoxaprop-p-ethyl, respectivamente). Já para os herbicidas metribuzin e sulfentrazone, a fitotoxicidade o aumento das doses variou significativamente e de forma linear e quadrática, respectivamente.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios das notas de fitotoxicidade dos herbicidas em cada dose aplicada.

Tabela 8 – Notas de fitotoxicidade de doses individuais dos herbicidas aplicados em *Euterpe oleracea*, BRS Pai d'Égua. Manaus, 2025.

Herbicidas	Fitotoxicidade (%)							
	Dose 1		Dose 2		Dose 3		Dose 4	
2,4-D	4,0 (0,180)	a	4,1 (0,188)	a	3,7 (0,169)	b	4,7 (0,215)	b
Diuron	3,2 (0,146)	a	3,7 (0,166)	a	3,9 (0,179)	b	4,4 (0,198)	b
Fenoxaprop-p-ethyl	4,1 (0,186)	a	4,1 (0,188)	a	4,5 (0,206)	b	5,4 (0,246)	b
Metribuzin	3,7 (0,171)	a	5,2 (0,234)	a	7,5 (0,341)	a	7,4 (0,333)	a
Sulfentrazone	4,0 (0,184)	a	4,9 (0,225)	a	6,9 (0,315)	a	6,6 (0,298)	a

Valores entre parênteses referem-se aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: dados da pesquisa.

Com aplicação das duas doses menores (1 e 2) as fitotoxicidades de todos os herbicidas não diferiram significativamente entre si. Quando aplicados com as doses 3 e 4 as fitotoxicidades do metribuzim e do sulfentrazone foram significativamente superiores às dos outros três herbicidas. Contudo, independente das doses as fitotoxicidades foram consideradas leves (Tabela 3).

Na Tabela 9 estão apresentadas as equações de regressão para variação da fitotoxicidade em função das doses dos herbicidas ao longo do período de avaliação.

Tabela 9 - Fitotoxicidade de doses de herbicidas em plantas de *Euterpe oleraceae*, BRS Pai d'Égua, ao longo do período de avaliação. Manaus, 2025.

Doses	Fitotoxicidade (%)	R ²
1	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,8$ (0,173)	-
2	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,4$ (0,201)	-
3	$\hat{Y} = 2,233 + 3,025^{**}x - 0,589^{**}x^2$ ($\hat{Y} = 0,1007 + 0,136x - 0,008^{**}x^2$)	0,627
4	$\hat{Y} = 1,424 + 4,69x - 0,836^{**}x^2$ ($\hat{Y} = 0,064 + 0,211x - 0,037^{**}x^2$)	0,940

Valores e equações entre parênteses referem-se aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

A fitotoxicidade de todos os herbicidas aplicados com as duas doses menores não variou significativamente durante a condução do experimento, e com a aplicação das duas doses maiores a fitotoxicidade a variação foi quadrática. Em todas as doses as fitotoxicidades foram consideradas leves ao longo de todo o período de avaliação.

Na Tabela 10 estão apresentadas as equações de regressão para a variação da fitotoxicidade em cada época de avaliação ao longo do período de avaliação em função do aumento das doses dos herbicidas.

Tabela 10 - Fitotoxicidade de herbicidas em plantas de *Euterpe oleracea*, BRS Pai d'Égua, nas épocas de avaliação em função do aumento de doses. Manaus, 2025.

Dias após a aplicação	Fitotoxicidade (%)	R ²
7	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,4$ (0,201)	-
21	$\hat{Y} = 2,727 + 1,261^*x$ ($\hat{Y} = 0,123 + 0,057^*x$)	0,996
35	$\hat{Y} = 1,726 + 1,389^*x$ ($\hat{Y} = 0,077 + 0,062^*x$)	0,959
49	$\hat{Y} = 4,456 - 0,976x + 0,399^*x^2$ ($\hat{Y} = 0,201 - 0,044x + 0,018^*x^2$)	0,999

Valores e equações entre parênteses referem-se aos dados transformados ($\arcsen \sqrt{x}$). Fonte: Dados da pesquisa.

Na primeira avaliação, aos 7 DAA, o aumento de doses não influenciou significativamente a fitotoxicidade dos herbicidas. Nas demais épocas (21, 35 e 49 DAA) as fitotoxicidades sofreram variação significativa com o aumento das doses. Aos 21 e 35 a fitotoxicidade variou de forma linear e aos 49 DAA, de forma quadrática. Em todas as épocas as fitotoxicidades dos herbicidas com o aumento de doses foram consideradas leves.

Os resultados obtidos evidenciam a seletividade de todos os herbicidas ao açaizeiro, cultivar BRS Pai d'Égua. Além da seletividade, é importante destacar que atributos dos herbicidas avaliados neste trabalho podem contribuir para estabelecimento de programas de controle de plantas daninhas em açaizais. Os herbicidas diuron, metribuzim e sulfentrazone são recomendados para aplicação em pré-emergência e com ação residual no solo, favorecendo o estabelecimento da cultura sem interferência de plantas daninhas desde a fase de plantio das mudas até a fase produtiva, sobretudo pelo fato do açaizeiro ter crescimento inicial lento e pequena capacidade de sombreamento da superfície do solo. Estes herbicidas também têm espectro de controle amplo, controlando espécies daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas, um atributo desejável uma vez que Almeida et al. (2019 a) e Almeida et al. (2019 b) relataram grande diversidade de espécies daninhas nos açaizais. Os herbicidas 2,4-D e fenoxaprop-p-

ethyl são recomendados para aplicação em pós-emergência das plantas daninhas e têm ação sobre espécies dicotiledôneas e poáceas (capins e gramas), respectivamente, permitindo escolha de um ou outro de acordo com a infestação nos açais no momento do controle.

4. Conclusão

Os herbicidas 2,4-D, diuron, fenoxaprop-p-ethyl, metribuzin e sulfentrazone são seletivos para o açazeiro, cultivar BRS Pai d'Égua.

Referências

- ADAF. *Lista de produtos*. <http://www.adaf.am.gov.br/lista-de-Produtos-atox>
- AGROFIT. *Sistema de agrotóxicos fitossanitários*. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Almeida, U.O. et al. (2019) a. Weed incidence in an intercropping system of banana, type plantain, cv. D'angola, with assai palm in different arrangements. *Brazilian Journal of Agriculture*, 94, 64-83.
- Almeida, U. O. et al. (2019) b. Fitossociologia de plantas daninhas em cultivo de açazeiro. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 9, 59-67.
- Bekbölet, M., Yenigün, O., & Yücel, I. (1999). Sorption studies of 2, 4-D on selected soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 111, 75-88.
- Boivin, A. et al. (2005). 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) sorption and degradation dynamics in three agricultural soils. *Environmental pollution*, 138, 92-99.
- Brancalion, P. H. S., Isernhagen, I., Machado, R. P., Christoffoleti, P. J., Rodrigues, R. R. (2009). Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 251-257.
- Brandão, B. B. et al. (2014). Selectivity of herbicides on the growth of initial culture of açai (*euterpe oleracea* mart.). *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 5, 95-100.
- Costa, Y. K. S. et al. (2020). Herbicide selectivity on macauba seedlings and weed control efficiency. *Industrial Crops and Products*, 154, 112725
- Dayan, F. E. et al. (1997). Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. *Weed Science*, 45, 634-641.
- Farias Neto, J. T. (2019). *BRS Pai d'Égua - Cultivar de açai para terra firme com suplementação hídrica*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 8 p.
- Fedtke, C. (1991). Deamination of metribuzin in tolerant and susceptible soybean (*glycine max*) cultivars. *Pesticide Science*, 31, 175-183.
- 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. Southern Weed Science Society. Champaign IL, USA. 29-46.
- Frear, D. S., Swanson, H. R. & Mansager, E. R. (1985). Alternate pathways of metribuzin metabolism in soybean: formation of n-glucoside and homogluthathione conjugates. *Pesticide biochemistry and physiology*, 23, 56-65, 1985.
- Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, 66, 113-120.
- IBGE. (2024). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>
- Jablonkai, I. (2015). Herbicide metabolism in weeds—selectivity and herbicide resistance. In: *Herbicides, physiology of action, and safety*. IntechOpen. 223-251.
- Jote, C. A. (2019). A review of 2,4-d environmental fate, persistence and toxicity effects on living organisms. *Organic & Medicinal Chemistry International Journal*, 9, 22-31.
- Liu, W. et al. (2019). Variation in tolerance mechanisms to fluazifop-p-butyl among selected zoysiagrass lines. *Weed Science*, 67, 288–295.
- Ma, H. et al. (2020). Metribuzin resistance via enhanced metabolism in a multiple herbicide resistant *Lolium rigidum* population. *Pest Management Science*, 76, 3785-3791.
- Muhamad, H. et al. (2013). The fate of diuron in soil in a malaysian oil palm plantation. *Journal of Oil Palm Research*, 25, 149-158.
- Nogueira, A. K. M., Santana, A. C. (2016). Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açai no estado do Pará. *Revista Ceres*, 63, 1-7.
- Oliveira, M. S. P. (2002). *Cultivo do açazeiro para produção de frutos*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 18 p.
- 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]. Editora UAB/NTE/UFSM.

- Peterson, M. A. et al. (2016). 2,4-d past, present, and future: a review. *Weed Technology*, 30, 303-345.
- Queiroz, J. R. G. et al. (2016). Desenvolvimento inicial de mudas de *Euterpe* ssp. após a aplicação de herbicidas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 72-80.
- Romani, G. N. et al. (2011). Chemical control of *Pilea microphylla* in *Euterpe oleraceae* nurseries with oxyfluorfen. *International Symposium on New Floricultural Crops, 1000*, 327-330.
- Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. 2ed. Editora Erica.
- Silva, A. A., Ferreira, F. A. & Ferreira, L. R. (2007). Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. in: Silva, A. A. & Silva, J. F. Ed. *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Editora UFV. Viçosa, MG. 83-148.
- Takano, H. K. et al. (2021). Accase-inhibiting herbicides: mechanism of action, resistance evolution and stewardship. *Scientia Agricola*, 78, e20190102.
- Tang, W. et al. (2020). Tolerance to some accase inhibitors in four common roegneria (*Roegneria kamoji*) populations from China. *Frontiers in Agronomy*, 2, 587651.
- Taziar, A. N. et al. (2016). Tolerance of four dry bean market classes to pre-emergence applications of sulfentrazone. *American Journal of Plant Sciences*, 7, 2248.
- Viana, L. F. et al. (2021). Análise econômica do cultivo de açaizeiro irrigado no nordeste paraense. *Revista Terceira Margem Amazônia*, 7, 155-169.
- Vieira, T. A. et al (2007). Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em igarapé-açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. *Acta Amazonica*, 37, 549-558.
- Vieira, A. H. et al. (2018). *Cultivo do açaizeiro (Euterpe oleracea Martius) no noroeste do Brasil*. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 90 p.
- Vieira, S. (2021). *Introdução à bioestatística*. Ed. GEN/Guanabara Koogan.