

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA DENSIDADE E DISTÂNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA
PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM**

**Gabriela da Silva Leandro
Bióloga**

2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA DENSIDADE E DISTÂNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA
PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM**

Discente: Gabriela da Silva Leandro

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)**

2025

L437e	Leandro, Gabriela da Silva Efeito da densidade e distância de plantas daninhas na produtividade de amendoim / Gabriela da Silva Leandro. -- Jaboticabal, 2025 50 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves 1. <i>Arachis hypogaea</i> L. 2. Manejo sustentável. 3. Matocompetição. 4. Nutrição. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DA DENSIDADE E DISTÂNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM

AUTORA: GABRIELA DA SILVA LEANDRO

ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES (Participação Presencial)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal

Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO (Participação Presencial)
Autônoma / Pontal/SP

Prof. Dr. JHANSLEY FERREIRA DA MATA (Participação Presencial)
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas / Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Frutal/MG

Jaboticabal, 07 de novembro de 2025.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

GABRIELA DA SILVA LEANDRO - nascida em 9 de dezembro de 1995, na cidade de São Paulo/SP, filha de Sebastião José Leandro e Ana Maria Silva Leandro. Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV), no ano de 2021. Em 2023 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). Desde 2023 vem desenvolvendo pesquisas na área de Matologia, com ênfase em biologia e manejo de plantas daninhas e interferências de plantas daninhas, junto ao Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), participando e organizando de eventos científicos na mesma área de pesquisa.

Apoio Financeiro

Agradecimento

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

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo FAPESP: 2023/18227-3

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Área experimental: vasos.....	4
2.2. Delineamento experimental: vasos	4
2.3. Coleta de dados: vasos.....	6
2.4. Área experimental: hidroponia	6
2.5. Delineamento experimental: hidroponia.....	7
2.6. Condução do experimento	8
2.7. Análises estatísticas.....	9
2.7.1. Análise multivariada.....	9
3. RESULTADOS	10
3.1. Experimento em vasos.....	10
3.1.1. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de capim-braquiária	10
3.1.2. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de apaga-fogo.....	15
3.1.3. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de mucuna-preta.....	17
3.2. Análise de Componentes Principais.....	18
3.3. Experimentos em hidroponia.....	22
3.3.1. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de apaga-fogo	22
3.3.2. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de capim-braquiária	23
3.3.3. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de mucuna-preta	24
4. DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS.....	37

EFEITO DA DENSIDADE E DISTÂNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM

RESUMO

Este estudo avaliou os efeitos da competição, em vaso de 50 L, de três espécies de plantas daninhas — apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) — sob o amendoim (*Arachis hypogaea*) cultivar IAC OL 3 quando em diferentes densidades (6, 9 e 12 plantas daninhas por vaso) e distâncias (1, 10 e 20 cm). Além disso, foi avaliado também o efeito associado da convivência do amendoim com essas plantas daninhas quando exposto a diferentes condições nutricionais (solução completa de Hoagland e com ausência de N, P ou K) em sistema hidropônico. Foram analisados o tamanho, massa seca do caule e raiz do amendoim. Posteriormente foram feitas análises estatísticas de variância e de componentes principais (PCA). Para os experimentos em vasos, foi observado que independente da distância ou densidade que essas plantas daninhas estivessem do amendoim, elas provocaram efeitos negativos no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produtividade. As perdas variam entre 60 a 85%. A PCA revelou separação clara entre os tratamentos com e sem competição, reforçando o efeito negativo da convivência com plantas daninhas sobre o desempenho do amendoim. Já para os experimentos em sistema hidropônico, nos primeiros 30 dias, não houve diferenças significativas na altura das plantas para nenhuma combinação de competição e deficiência nutricional. Contudo, a biomassa evidenciou padrões distintos: o capim-braquiária apresentou o maior potencial de prejuízo, especialmente na ausência de N, P ou K, afetando simultaneamente a massa seca do caule e raiz; o amendoim em convivência com apaga-fogo foi mais sensível à ausência de K, com redução significativa na massa seca do caule; e já para os que estavam convivendo com a mucuna-preta apresentaram maior efeito negativo na ausência de N, mas apenas sobre o caule. Conclui-se que o impacto da competição depende tanto da espécie infestante quanto do nutriente em questão, ressaltando a necessidade de estratégias de manejo específicas para cada cenário de cultivo.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., manejo sustentável, matocompetição e nutrição.

EFFECT OF WEED DENSITY AND DISTANCE ON PEANUT PRODUCTIVITY

ABSTRACT

This study evaluated the effects of competition, in a 50-L pot, between three specific plant species — *Alternanthera tenella*, *Urochloa decumbens*, and *Mucuna aterrima* — observing the effect of these plants on peanut (*Arachis hypogaea* L.) variety IAC OL 3 at different densities (6, 9, and 12 plants per pot) and distances (1, 10, and 20 cm). Furthermore, the associated effect of peanut coexisting with these apparent plants when exposed to different nutritional conditions (complete Hoagland solution and absence of N, P, or K) in a hydroponic system was also evaluated. Growth (height) and biomass (stem and root dry mass) were analyzed using variance and principal component analysis (PCA). For the pot experiments, regardless of the distance or density at which these plants were planted among peanuts, they had significant effects on development and, consequently, on their productivity. Losses ranged from 60 to 85%. PCA revealed a clear separation between treatments with and without competition, reinforcing the negative effect of coexistence with plants on peanut performance. For the hydroponic experiments, in the first 30 days, there were no significant differences in plant height for any combination of competition and nutritional deficiency. However, biomass showed different patterns: *U. decumbens* showed the greatest potential for loss, especially in the absence of N, P, or K, simultaneously affecting stem and root dry matter; peanuts coexisting with *A. tenella* were more sensitive to the absence of K, with a significant reduction in stem dry matter; and those coexisting with *M. aterrima* showed a greater negative effect in the absence of N, but only on cattle. These results indicate that the impact of weed control depends on both the weed species and the nutrient in question, highlighting the need for specific management strategies for each crop scenario.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., nutrition, weed competition and sustainable management.

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Caracterização química das amostras de solo utilizada nos experimentos	5
Tabela 2. Organização dos tratamentos de acordo com os protocolos de densidade e distância propostos	6
Tabela 3. Delineamento experimental em sistema hidropônico	7
Tabela 4. Composição das soluções nutritivas	7
Tabela 5. Descrição detalhada dos componentes das soluções nutritivas	8
Tabela 6. Caracterização dos componentes dos microelementos	8
Tabela 7. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de capim-braquiária	14
Tabela 8. Massa seca das vagens, número de vagem por planta e número de grãos por planta de amendoim em função da densidade e distância de capim-braquiária	15
Tabela 9. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de apaga-fogo	16
Tabela 10. Massa seca das vagens, número de vagem por planta e número de grãos por planta de amendoim em função da densidade e distância de apaga-fogo	17
Tabela 11. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de mucuna-preta	18
Tabela 12. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com apaga-fogo e restrição nutricional	26
Tabela 13. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com capim-braquiária e restrição nutricional	27
Tabela 14. Desdobramento do efeito da competição e restrição nutricional sobre a massa seca da raiz de amendoim com e sem convivência com capim-braquiária	28
Tabela 15. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com mucuna-preta e restrição nutricional	29
Tabela 16. Desdobramento do efeito da competição e restrição nutricional sobre a massa seca do caule de amendoim com e sem convivência com mucuna-preta	29

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Efeito de diferentes distâncias e densidades de capim-braquiária no desenvolvimento de amendoim cv. IAC OL 3	11
Figura 2. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com apaga-fogo	19
Figura 3. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com capim-braquiária	20
Figura 4. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com mucuna-preta	21
Figura 5. Tamanho de plantas de amendoim em competição com apaga-fogo, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland	23
Figura 6. Tamanho de plantas de amendoim em competição com capim-braquiária, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland	24
Figura 7. Tamanho de plantas de amendoim em competição com mucuna-preta, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland	25

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas constituem, no cenário agrícola mundial, um dos principais fatores que impactam negativamente na produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Johnson III, 2019; Horvath et al., 2023). Algumas das características presentes das plantas daninhas que promovem a dificuldade em seu controle é o fato de apresentarem crescimento rápido, elevada produção de semente e adaptabilidade a diversos ambientes (Baker et al., 1965; Ravet et al., 2018).

Dentre as inovações tecnológicas agrícolas, a ferramenta mais utilizada para o controle das plantas daninhas são os herbicidas, pois normalmente minimizam as infestações sem alterar de forma permanente as plantas cultivadas e flora local (Davis; Frisvold, 2017). Contudo, o uso indiscriminado dos herbicidas ao longo dos anos, vem provocando efeito de resistência em diversas plantas daninhas, o que intensifica o desafio no manejo e requer técnicas mais integradas e sustentáveis (Dayan, 2019; Daramola et al., 2023).

Como alternativa para mitigar o desenvolvimento de resistência, tem-se proposto a adoção do manejo integrado de plantas daninhas, que inclui práticas como a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e a utilização de métodos não químicos (Busi et al., 2020; Daramola et al., 2023). A aplicação de boas práticas de manejo contribui para a redução do uso intensivo de herbicidas (Daramola et al., 2023) e, conseqüentemente, diminui a probabilidade de surgimento de populações resistentes (Vrbnicanin et al., 2017).

A redução ou eliminação do uso de herbicidas contribui diretamente para a diminuição da resistência das plantas e, está alinhada ao apelo global por uma agricultura mais sustentável. Essa abordagem favorece a mitigação dos impactos ambientais por meio da melhoria da saúde do solo e qualidade da água, preservação da biodiversidade, proteção da saúde humana, economia no uso de recursos naturais (Nações Unidas, 2023).

Atualmente, em escala global, há escassez de estudos que identifiquem e validem os métodos não químicos mais adequados para o manejo da cultura do amendoim, configurando um importante gap de conhecimento. Essa lacuna dificulta a implementação de estratégias eficazes de manejo, limitando avanços na manutenção e produtividade da cultura (Daramola et al., 2023).

Entre os fatores que contribuem para a adoção do manejo não químico destaca-se a compreensão da área de interferência exercida pelas plantas daninhas sobre as culturas, a qual varia conforme a agressividade de cada espécie. Além disso, é fundamental entender como essa interação afeta o metabolismo da planta cultivada, pois tais informações permitem identificar, com maior precisão, quando há real necessidade de aplicação de herbicidas em uma determinada área de cultivo (Daramola et al., 2023).

Conforme mencionado, além de compreender os aspectos básicos relacionados à área de interferência das plantas daninhas, é igualmente importante investigar os constituintes fisiológicos da planta cultivada, incluindo, por exemplo, seus metabólitos. A análise integrada desses elementos tende a fornecer informações mais completas sobre os efeitos que as plantas daninhas exercem sobre a cultura, favorecendo um entendimento mais aprofundado e o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficazes (Patel et al., 2021).

Os metabólitos são compostos químicos sintetizados pelas plantas e desempenham funções vitais para seu crescimento, desenvolvimento e reprodução, abrangendo todo o ciclo de vida (Mohr; Schopfer, 2012). A síntese desses compostos pode ser alterada quando a planta está sob interferência de plantas daninhas, o que pode comprometer, parcial ou totalmente, seu desempenho e produtividade. A exigência nutricional das plantas em interação está diretamente relacionada à produção de metabólitos, tornando fundamental compreender como diferentes nutrientes influenciam a sua síntese nessas condições (Cometti et al., 2006).

A deficiência nutricional afeta diretamente as funções fisiológicas das plantas e, por meio da análise de seus efeitos, é possível obter informações valiosas sobre o desenvolvimento vegetal em condições adversas (Brendolan et al., 2000). Nesse contexto, compreender como a planta responde à omissão de nutrientes, especialmente quando em interação com plantas daninhas, é essencial para elucidar os mecanismos fisiológicos modulados por essas interações, as quais representam um fator de estresse significativo para a cultura (Cometti et al., 2006).

Estudos sobre deficiência nutricional em sistemas hidropônicos têm sido importantes para aprofundar o conhecimento sobre macro e micronutrientes na agricultura moderna, pois esses sistemas oferecem maior controle experimental e permitem o isolamento de variáveis externas que poderiam interferir negativamente

nos resultados (Khan, 2018; Santos; Dinkar, 2023). A integração da hidroponia com ferramentas de análise metabolômica potencializa ainda mais essa abordagem, viabilizando a obtenção de informações fisiológicas mais precisas, especialmente no estudo de metabólitos em condições controladas (Khan, 2018; Patel et al., 2021).

A metabolômica tem ganhado destaque na ciência vegetal por possibilitar o mapeamento detalhado do metabolismo das plantas e a elucidação de suas respostas a diversos estímulos, como estresse hídrico e salino, ataques de parasitas e deficiências nutricionais. Esses avanços, impulsionados por inovações biotecnológicas, são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias que visam aumentar a produtividade e consolidar a agricultura de precisão, tornando a metabolômica uma ferramenta estratégica para enfrentar os desafios da agricultura contemporânea e promover sua sustentabilidade (Patel et al., 2021).

Entre as cultivares de amendoim disponíveis comercialmente, a IAC OL 3 destaca-se por apresentar elevada produtividade, conforme relatado por Alencar et al. (2021). Essa cultivar possui ciclo relativamente curto, variando de 120 a 130 dias, o que a torna especialmente adequada para o cultivo em áreas de reforma de canaviais. Em função dessa característica, a semeadura da IAC OL 3 costuma ser realizada nos períodos mais quentes do ano, quando as condições ambientais favorecem o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, possibilitando o alcance do potencial máximo de produção. Essa estratégia de manejo tem demonstrado eficiência tanto na obtenção de colheitas de alto rendimento quanto na otimização do desempenho agrônômico da cultura (Alencar et al., 2021).

Embora a cultivar IAC OL 3 tenha alta produtividade, a interferência com plantas daninhas pode prejudicar seu desenvolvimento. Na região de Jaboticabal/SP, região que atualmente se configura como a maior produtora de amendoim do Brasil, há elevado índice de algumas plantas daninhas, como *Alternanthera tenella* (apaga-fogo), *Mucuna pruriens* (mucuna-preta) e *Urochloa decumbens* (capim-braquiária), espécies estas normalmente infestantes de canaviais.

A apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), originária das Américas, é uma planta herbácea que prejudica tanto culturas anuais quanto perenes. Sua principal característica morfológica é a presença de múltiplas ramificações, que proporcionam intensa cobertura do solo, competindo por luz e recursos (Tanver et al., 2013).

O capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) é uma planta daninha de ampla distribuição geográfica, capaz de se estabelecer em diversos ambientes e afetar múltiplas culturas. Embora ocorra durante todo o ano, apresenta maiores níveis de infestação nas estações mais quentes (Silva et al., 2019).

A mucuna-preta (*Mucuna pruriens*), anteriormente utilizada como adubo verde em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, é uma espécie anual e rasteira (Sathiyarayanan e Aulmozhi, 2007). Atualmente, tornou-se uma planta daninha importante em lavouras de cana-de-açúcar e amendoim, situação favorecida pela predominância da rotação de culturas entre o amendoim e a cana-de-açúcar no estado de São Paulo (Oliveira e Magalhães, 2013).

Diante desse contexto, torna-se evidente a importância de investigar os efeitos que as plantas daninhas exercem sobre o amendoim. Assim, o presente trabalho teve como objetivos: (i) determinar os efeitos da variação na densidade e distância de apaga-fogo, capim-braquiária e mucuna-preta sobre a produtividade do amendoim cultivar IAC OL 3 e (ii) avaliar a influência da deficiência de nitrogênio, fósforo e potássio nesse processo. Os resultados obtidos poderão fornecer subsídios para práticas de manejo que contribuam para uma agricultura mais sustentável e alinhada aos princípios da agricultura de precisão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental: vasos

Três experimentos em vaso (um para cada espécie de planta daninha – mucuna-preta, apaga-fogo e capim-braquiária) foram conduzidos em área de campo aberto do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, SP, Brasil (21°15'17"S; 48°19'20"W). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo 0 Cwa, subtropical, seco no inverno, com chuvas no verão. Já os experimentos em sistema hidropônico foram realizados em casa de vegetação do LAPDA.

2.2. Delineamento experimental: vasos

Para cada experimento foram utilizados 40 vasos de cimento de 50 L de capacidade, preenchidos com Latossolo Vermelho-Escuro arável. Antes da semeadura, foi feita análise física e química do solo utilizado (Tabela 1), para

posterior correção de nutricional e de pH. Foi utilizado N-P-K formulado (4-14-8) para adubação, seguindo o Boletim Técnico 100, onde para uma área com estimativa de produção média, foi utilizado 9 g de adubo por vaso, equivalendo a 350 kg/ha.

Tabela 1. Caracterização química das amostras de solo utilizadas nos experimentos.

CAPIM-BRAQUIÁRIA						H+Al	Soma Bases	CTC	Sat.	Sat.
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	SMP	S.B.		Bases	Al
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						V%	m%
6,3	15	12	3,5	35	9	26	46,9	72,4	65	1
APAGA-FOGO						H+Al	Soma Bases	CTC	Sat.	Sat.
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	SMP	S.B.		Bases	Al
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						V%	m%
6,2	17	69	2,5	40	13	22	55,5	77,3	72	0
MUCUNA-PRETA						H+Al	Soma Bases	CTC	Sat.	Sat.
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	SMP	S.B.		Bases	Al
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						V%	m%
6,3	14	163	3,0	47	7	16	57,5	72,4	79	0

As sementes de plantas daninhas e amendoim foram semeadas em bandejas de poliestireno, contendo substrato para plantas (Bioplant Plus), para subsequente transplântio nos vasos experimentais. O transplântio ocorreu quando as plantas apresentavam entre duas a quatro folhas, de acordo com o protocolo estabelecido.

As densidades de plantas daninhas (Tabela 2) utilizadas nos experimentos foram de 6, 9 e 12 plantas por vaso, abrangendo uma faixa de valores abaixo, igual e acima da densidade observada em campo, em uma área experimental anexa cultivada com amendoim IAC OL 3. As distâncias foram definidas em 1, 10 e 20 cm, partindo do ponto central do vaso, e considerando que o raio do mesmo é de 29,5 cm.

Tabela 2. Organização dos tratamentos de acordo com os protocolos de densidade e distância propostos. T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 e CT, representam respectivamente os tratamentos um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove e grupo controle.

	TRATAMENTOS									
PROTOCOLO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	CT
Densidade (plantas daninhas por amendoim)	6	6	6	9	9	9	12	12	12	0
Distância (cm)	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0

Para cada espécie de planta daninha, os tratamentos (Tabela 2) foram dispostos em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3+CT, ou seja, três densidades em três distâncias com um controle, todos em quatro repetições. Ao longo dos experimentos foi feito tratamento fitossanitário visando manter o bom estado da cultura, e plantas daninhas de outras espécies que porventura emergiram nos vasos foram removidas manualmente.

2.3. Coleta de dados: vasos

Foi feita a análise biométrica da altura da planta a cada quinze dias, e na ocasião da colheita, foram feitas as medições da área foliar com equipamento LI-3000A (LiCor), determinação da massa seca das vagens, contagem do número de vagens por planta, número de grãos por planta e determinação da biomassa seca do amendoim. As amostras vegetais foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingirem massa constante.

2.4. Área experimental: hidroponia

Três experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), anexa ao Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal-SP. Foram feitos experimentos preliminares para avaliar se as plantas se desenvolveriam em sistema hidropônico com solução nutritiva completa proposta por Hoagland e Arnon (1950), e o resultado foi positivo. Sendo assim, os experimentos foram conduzidos com as mesmas espécies de plantas daninhas utilizadas nos vasos: capim-braquiária, apaga-fogo e mucuna-preta.

2.5. Delineamento experimental: hidroponia

Para cada experimento, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo, cujos fatores foram dois grupos das plantas (amendoim cv. IAC OL3 isolado e em convivência com a planta daninha) em quatro condições nutricionais distintas, ou seja, solução Hoagland e Arnon completa, sem nitrogênio (N), ou fósforo (P) ou potássio (K) (Tabela 3), todos em cinco repetições, totalizando assim, 40 caixas experimentais de 2 L de capacidade.

Tabela 3. Delineamento experimental em sistema hidropônico. Os grupos 1, 2 e 3 representam respectivamente o grupo controle, experimental e controle positivo. Há também a descrição dos tratamentos propostos com solução nutritiva completa, com ausência de nitrogênio (-N), ou fósforo (-P) ou potássio (-K).

Protocolo		
Grupos		Solução nutritiva
Grupo 1 (G1)	Controle (Amendoim)	Completa
		-N
		-P
		-K
Grupo 2 (G2)	Amendoim X Planta daninha	Completa
		-N
		-P
		-K

As mudas foram preparadas em bandejas de poliestireno e ao desenvolvimento das primeiras folhas, as mesmas foram transplantadas em caixas de plástico de 2 litros de capacidade. O pH e condutividade foram avaliados rotineiramente para possível ajuste quando houvesse o desbalanço.

Tabela 4. Composição das soluções nutritivas. As letras A, B, C, D, E, F, G, H e I, representam uma classificação quanto aos compostos presentes na composição das soluções nutritivas completas ou ausente de N ou P ou K. Os quadros que não estão preenchidos indicam a ausência do composto na formulação.

Soluções	Quantidades (em ml) de soluções estoque a serem tomadas para se preparar 1L de soluções nutritivas com água destilada								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Completa	5	5	2	1	11,2			1	2
Sem N			0,5		50	10	20	1	2
Sem P	7,5		2			10		1	2
Sem K	7,5		2		5			1	2

Tabela 5. Descrição detalhada dos componentes das soluções nutritivas. Os símbolos (letras) A, B, C, D, E, F, G, H e I, correspondem aos compostos representados pela sua fórmula molecular na linha horizontal. Há também a descrição quanto à concentração utilizada para o preparo das soluções nutritivas.

Símbolo	Composto	Concentração
A	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	molar (236 g/L . H_2O destilada)
B	KNO_3	molar (101 g/L . H_2O destilada)
C	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	molar (246,5 g/L . H_2O destilada)
D	KH_2PO_4	molar (136 g/L . H_2O destilada)
E	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,01 molar (2,52 g/L . H_2O destilada)
F	K_2SO_4	0,05 molar (8,61 g/L . H_2O destilada)
G	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,01 molar (1,72 g/L . H_2O destilada)
H	"Microelementos" (*)	
I	Fe-EDTA	0,0005

Tabela 6. Caracterização dos componentes dos microelementos.

* A solução "microelementos" tem a seguinte composição:	
MnCl_2	1,81 g
H_3BO_3	2,86 g
$\text{ZnPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22 g
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,08 g
H_2MoO_4	0,09 g
Água destilada	1

2.6. **Condução do experimento**

A cada 7 dias após o transplante das mudas no sistema hidropônico, foi feito o levantamento de dados biométricos através da contagem do número de ramos da haste principal e lateral, medição da altura da planta e, também, o diâmetro das hastes com paquímetro digital (Eletronic Digital Caliper).

Após quatro semanas foi feita a coleta das raízes e hastes, as mesmas foram mantidas em estufa com circulação forçada na temperatura de 60°C e mantidas neste local até atingirem massa constante. Após isto foi efetuada a pesagem da massa seca das raízes e massa seca das hastes.

2.7. *Análises estatísticas*

Foram realizadas as estatísticas descritivas de média, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis quantitativas de área foliar (AF), massa seca das folhas do amendoim, massa seca das vagens e números de grãos por planta do experimento em vaso. Quanto ao experimento de sistema hidropônico foi feita a análise estatística da massa seca das hastes e raiz. Posteriormente, os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, considerando dois fatores: competição (com e sem) e restrição nutricional (com e sem). Foi avaliada também a variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e a hipótese de diferença entre as médias foi verificada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises de variância descritas acima foram feitas no software Agroestat.

Os dados analisados foram ajustados para o modelo de regressão não-linear de Gompertz crescente para avaliar a relação entre as variáveis analisadas, utilizando a seguinte equação:

$$y = a * \exp(-\exp(k * (x - x_c)))$$

onde a representa o limite máximo da curva; k é a constante que representa a taxa de crescimento da planta; x_c indica o ponto de inflexão da variável x , ou seja, é o ponto no qual a taxa de crescimento da planta começa a desacelerar. Os gráficos foram gerados no software OriginPro (OriginLab. Version 2018, Northampton, MA, USA).

2.7.1. *Análise multivariada*

Para a descrição da estrutura multivariada dos dados, inicialmente foi realizado o reconhecimento e a possível remoção de outliers multivariados, com um nível de significância de 5%, além da testagem da hipótese de normalidade multivariada. Anteriormente à condução das análises, todas as variáveis foram padronizadas para médias iguais a zero e variâncias unitárias. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para condensar a informação relevante em um conjunto menor de variáveis latentes ortogonais, denominadas componentes principais (autovetores), gerados por combinações lineares das variáveis originais a partir dos autovalores da matriz de covariância. Foram considerados os componentes principais com autovalores superiores à unidade (Kaiser, 1958). Os

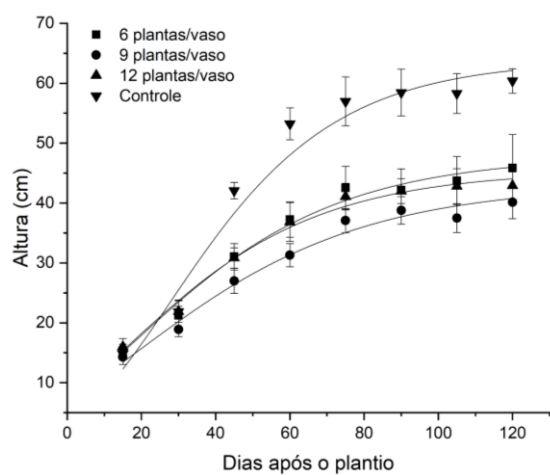
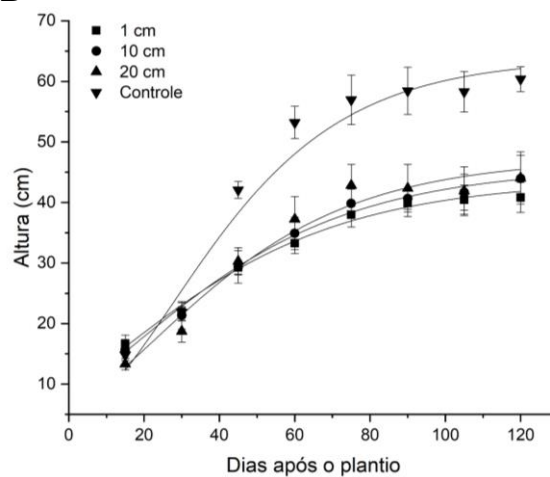
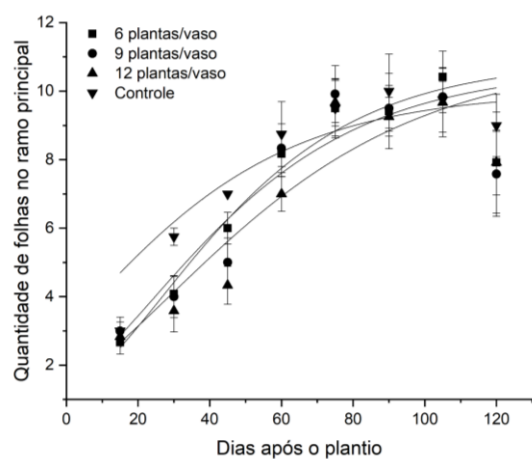
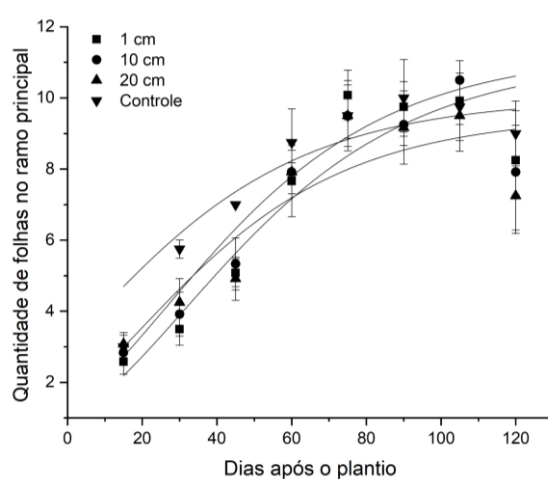
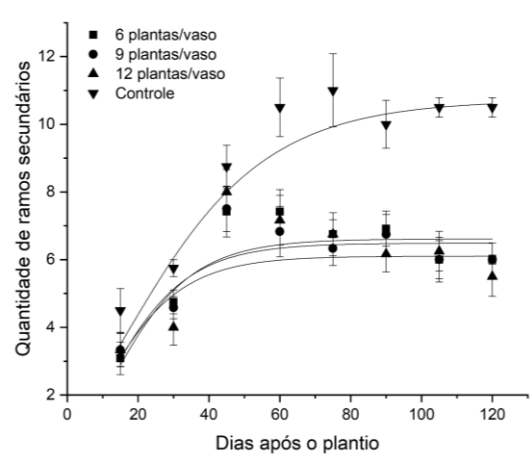
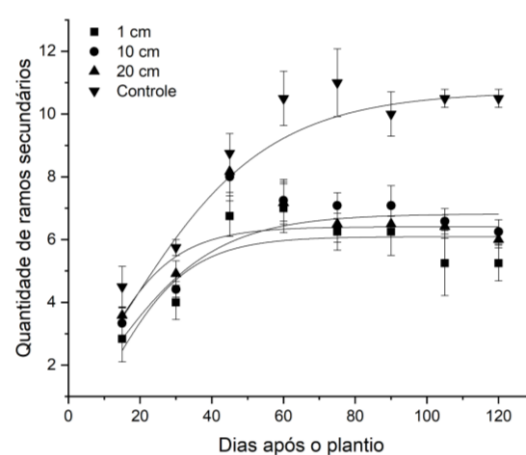
coeficientes das funções lineares, que definiram os componentes principais, foram utilizados para a interpretação de seus significados. Todas as análises estatísticas da PCA foram realizadas no software OriginPro (OriginLab. Version 2018, Northampton, MA, USA).

3. RESULTADOS

3.1. Experimentos em vasos

3.1.1. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de capim-braquiária

A interação entre o amendoim e as plantas daninhas exerce influência significativa no desenvolvimento da cultura. Ao longo de seu ciclo, o acompanhamento temporal do crescimento do amendoim em diferentes condições de convivência com capim-braquiária (Figura 1) permitiu compreender os impactos diretos dessa interação e identificar fases críticas para o manejo eficiente das plantas daninhas. Os resultados a seguir apresentam a evolução das características morfológicas e produtivas do amendoim, evidenciando as variações causadas pela presença ou ausência de plantas daninhas ao longo do tempo.

A**B****C****D****E****F**

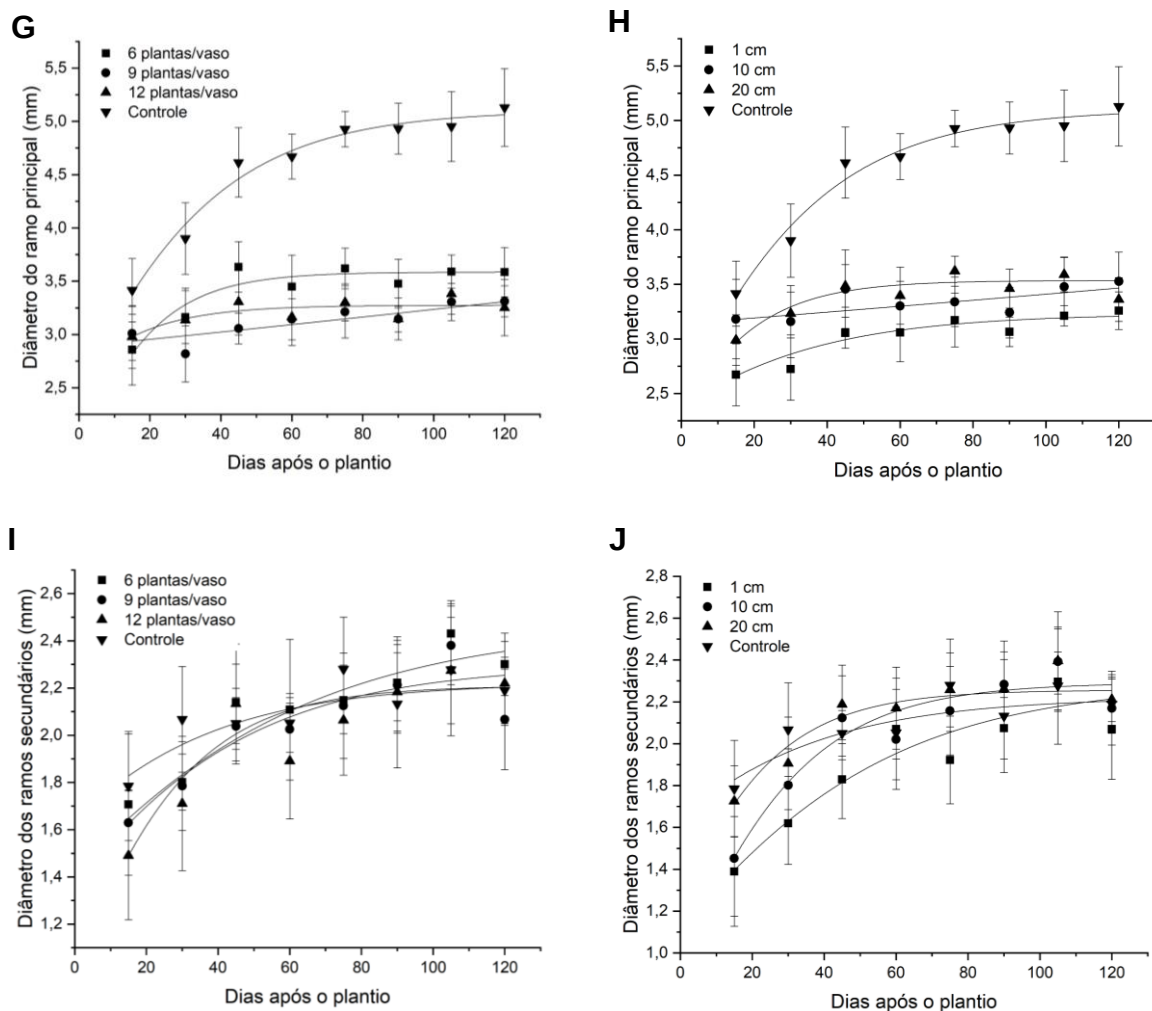


Figura 1. Efeito de diferentes distâncias e densidades de capim-braquiária no desenvolvimento de amendoim cv. IAC OL 3. A primeira coluna de gráficos é referente a densidade e a segunda, distância A e B - altura do amendoim; C e D - quantidade de folhas na haste principal; E e F - quantidade de ramos secundários; G e H - diâmetro da haste principal; I e J - diâmetro dos ramos secundários. Todos os resultados estão expressos ao longo dos 120 dias após o plantio.

Os resultados de altura obtidos nos tratamentos com interação com capim-braquiária (Figura 1 – A e B) apresentaram um padrão semelhante entre os diferentes arranjos experimentais, independentemente da variação no número de plantas por vaso ou na distância entre elas. Em ambos os casos, observou-se diferença significativa apenas em relação ao tratamento controle. Isso indica que, mesmo nas condições consideradas mais favoráveis, menor densidade de plantas e maior distância, a resposta do amendoim à interação com a capim-braquiária manteve-se consistente, sugerindo que a espécie acompanhante exerce efeito

semelhante sobre o crescimento em altura, independentemente desses fatores apresentados.

Por outro lado, as análises referentes ao número de folhas (Figura 1 – C e D) mostraram comportamento distinto, uma vez que todas as combinações avaliadas, incluindo o controle, seguiram a mesma tendência, resultando em curvas praticamente sobrepostas, mesmo nas diferenças de distância e também por número de plantas. Interessantemente, o resultado sugere que, para essa variável, a interação do amendoim com o capim-braquiária não promoveu alterações expressivas no desenvolvimento foliar do amendoim.

Já para o número de ramos secundários (Figura 1 – E e F), o padrão observado foi semelhante ao registrado para a altura, com distinção clara entre os tratamentos e o controle. Entretanto, neste caso, a diferença apresentada pelo controle em relação aos demais tratamentos foi ainda mais acentuada, indicando maior sensibilidade desta variável à de interação com o capim-braquiária.

As análises referentes ao diâmetro dos ramos principais (Figura 1 – G e H) e dos ramos laterais (Figura 1 – I e J) apresentaram comportamentos distintos em relação aos demais parâmetros morfológicos avaliados. Para o diâmetro dos ramos principais, o controle diferiu significativamente de todos os tratamentos experimentais, os quais, por sua vez, formaram um único grupo, sem diferenças estatísticas entre si, independentemente da distância ou da densidade adotada.

Já para o diâmetro dos ramos laterais, observou-se a formação de um único agrupamento que incluiu todos os tratamentos e o controle, indicando ausência total de variação estatisticamente significativa entre as combinações avaliadas, tanto para distância quanto para densidade.

Na Tabela 7, foram avaliados os parâmetros massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar, em função da densidade e da distância do capim-braquiária no convívio com o amendoim. Os resultados apresentaram diferenças significativas entre todos os tratamentos e o controle.

Tabela 7. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de capim-braquiária.

	Massa seca das folhas (g)	Massa seca dos ramos (g)	Massa seca total (folhas + ramos (g))	Área foliar (cm ²)
Distância (Di) de plantio de capim-braquiária em cm				
1	10,64 a	11,82 a	22,46 a	1408,69 a
10	9,55 a	12,58 a	22,13 a	1120,98 a
20	11,80 a	16,46 a	28,27 a	1429,59 a
Densidade (De) n° de capim-braquiária por amendoim				
6	14,00 a	17,98 a	31,98 a	1616,82 a
9	8,76 a	10,65 a	19,41 a	1125,22 a
12	9,23 a	12,23 a	21,47 a	1217,22 a
Testemunha (T)	67,93	114,93	182,87	8563,01
F _{TxF}	218,87**	374,89**	318,50**	202,53**
F _{Di}	0,28 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,38 ^{NS}
F _{De}	1,87 ^{NS}	1,81 ^{NS}	1,92 ^{NS}	0,88 ^{NS}
F _{DiXDe}	0,51 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,35 ^{NS}
DMS	7,43	10,04	17,06	977,49
CV(%)	44,79	41,79	41,99	47,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados de massa seca das vagens, número de vagens por planta e número de grãos por planta, em função da densidade e da distância do capim-braquiária no convívio com o amendoim. Assim como observado para os parâmetros da Tabela 7, verificaram-se diferenças significativas entre todos os fatores quando se compara com o controle, porém sem diferenças estatísticas entre os tratamentos experimentais, independentemente da densidade ou da distância entre plantas avaliadas. Demonstrando que esse tipo de interação segue um padrão bem estabelecido até o momento.

Tabela 8. Massa seca das vagens, número de vagem por planta e número de grãos por planta de amendoim em função da densidade e distância de capim-braquiária.

	Massa seca das vagens (g)	N° de vagem por planta	N° de grãos por planta
Distância (Di) de plantio de capim-braquiária em cm			
1	12,40 a	28,08 a	35,83 a
10	16,98 a	34,08 a	43,75 a
20	24,33 a	54,75 a	66,58 a
Densidade (De) n° de capim-braquiária por amendoim			
6	22,93 a	46,91 a	62,75 a
9	13,54 a	35,91 a	39,00 a
12	17,26 a	34,08 a	44,41 a
Testemunha (T)	195,82	385,25	521,00
F _{TxF}	416,36**	389,67**	630,81**
F _{Di}	1,59 ^{NS}	2,12 ^{NS}	2,40 ^{NS}
F _{De}	0,98 ^{NS}	0,52 ^{NS}	1,46 ^{NS}
F _{DiXDe}	0,11 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,23 ^{NS}
DMS	16,74	33,69	36,11
CV(%)	46,33	45,22	37,18

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo.

Nesse contexto, a redução da massa seca e da quantidade de vagem por planta foi prejudicada de maneira consistente independente da densidade ou distância, pois as respostas morfológicas foram semelhantes entre os tratamentos avaliados, mas distinta do controle, sugerindo que a presença da planta daninha é o principal fator modulador dos parâmetros avaliados.

3.1.2. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de apaga-fogo

Na Tabela 9, ao analisar os parâmetros avaliados, massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar, em função da densidade e da distância entre plantas, sob convivência com a planta apaga-fogo, observou-se um padrão semelhante entre os tratamentos. Todos diferiram significativamente da testemunha, porém não houve diferenças estatísticas entre os fatores, independentemente da distância ou do número de plantas por vaso adotados.

Tabela 9. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de apaga-fogo.

	Massa seca das folhas (g)	Massa seca dos ramos (g)	Massa seca total (folhas + ramos (g))	Área foliar (cm ²)
Distância (Di) de plantio de apaga-fogo em cm				
1	10,16 a	19,15 a	29,31 a	1705,44 a
10	11,18 a	19,72 a	30,90 a	1885,11 a
20	10,09 a	21,67 a	31,76 a	1522,75 a
Densidade (De) n° de apaga-fogo por amendoim				
6	9,97 a	18,66 a	28,64 a	1674,98 a
9	9,74 a	20,00 a	29,75 a	1550,92 a
12	11,72 a	21,87 a	33,59 a	1887,41 a
Testemunha (T)	34,72	84,17	118,89	6291,23
F _{TxF}	75,15**	166,25**	149,46**	80,65**
F _{Di}	0,16 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,42 ^{NS}
F _{De}	0,50 ^{NS}	0,35 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,37 ^{NS}
F _{DiXDe}	0,73 ^{NS}	1,75 ^{NS}	1,48 ^{NS}	0,94 ^{NS}
DMS	5,37	9,53	13,86	980,89
CV(%)	41,11	35,42	34,68	44,79

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo.

Na Tabela 10, as análises de massa seca das vagens, número de vagens por planta e número de grãos por planta, em função da densidade e da distância entre plantas de amendoim sob convivência com a apaga-fogo, apresentaram comportamento semelhante ao observado para massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar. Ou seja, houve diferenças significativas entre todos os fatores e o controle; entretanto, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os fatores, independentemente da densidade ou da distância entre plantas adotadas.

Tabela 10. Massa seca das vagens, número de vagem por planta e número de grãos por planta de amendoim em função da densidade e distância de apaga-fogo.

	Massa seca das vagens (g)	Nº de vagem por planta	Nº de grãos por planta
Distância (Di) de plantio de apaga-fogo em cm			
1	40,63 a	31,41 a	48,33 a
10	47,19 a	39,66 a	59,16 a
20	55,40 a	45,41 a	70,16 a
Densidade (De) nº de apaga-fogo por amendoim			
6	48,83 a	39,66 a	61,41 a
9	49,50 a	42,08 a	61,66 a
12	44,89 a	34,75 a	54,58 a
Testemunha (T)	112,34	107,5	157,75
F _{TxF}	30,96**	59,14**	45,81**
F _{Di}	1,36 ^{NS}	2,07 ^{NS}	1,87 ^{NS}
F _{De}	0,15 ^{NS}	0,58 ^{NS}	0,25 ^{NS}
F _{DixDe}	2,05 ^{NS}	1,48 ^{NS}	1,43 ^{NS}
DMS	22,29	17,14	27,95
CV(%)	40,64	37,07	39,98

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo.

3.1.3. Desenvolvimento e produtividade de amendoim sob interferência de mucuna-preta

A Tabela 11 apresenta os valores de massa seca das folhas, massa seca dos ramos e massa seca total (folhas + ramos) do amendoim em função da densidade e da distância da mucuna-preta. O padrão observado foi semelhante ao registrado para o capim-braquiária: não foram verificadas diferenças significativas entre as combinações de distâncias e densidades avaliadas, embora todos os tratamentos tenham se diferenciado estatisticamente do controle.

Tabela 11. Massa seca das folhas, massa seca dos ramos, massa seca total e área foliar de amendoim em função da densidade e distância de mucuna-preta.

	Massa seca das folhas (g)	Massa seca dos ramos (g)	Massa seca total (folhas + ramos (g))	Área foliar (cm ²)
Distância (Di) de plantio de mucuna-preta em cm				
1	0,62 a	1,43 a	2,06 a	142,56 a
10	0,75 a	1,83 a	2,58 a	204,98 a
20	0,99 a	3,01 a	4,01 a	165,49 a
Densidade (De) n° de mucuna-preta por amendoim				
6	0,83 a	2,22 a	3,05 a	222,85 a
9	0,70 a	1,85 a	2,55 a	130,01 a
12	0,83 a	2,22 a	3,05 a	160,17 a
Testemunha (T)	5,09	27,37	32,47	1346,5
F _{TxF}	203,13**	250,55**	265,02**	330,19**
F _{Di}	1,25 ^{NS}	0,88 ^{NS}	1,02 ^{NS}	0,79 ^{NS}
F _{De}	0,22 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,09 ^{NS}	1,79 ^{NS}
F _{DixDe}	1,03 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,45 ^{NS}	1,62 ^{NS}
DMS	0,58	3,06	3,48	124,24
CV(%)	46,98	65,50	58,97	42,53

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo.

Os resultados observados para os tratamentos com apaga-fogo (Tabelas 9 e 10) e mucuna-preta (tabela 11) apresentaram comportamento semelhante ao registrado para o capim-braquiária, com reduções nas variáveis de massa seca das folhas, dos ramos, das vagens, número de vagens por planta, número de grãos por planta e área foliar. No entanto, numericamente, as reduções foram mais acentuadas quando o amendoim esteve em convivência com a mucuna-preta e apaga-fogo, sugerindo que a intensidade de interferência pode estar associada à maior semelhança morfofisiológica entre essas espécies.

3.2. *Análise de Componentes Principais*

A análise de componentes principais (PCA) para a planta daninha apaga-fogo em convivência com o amendoim (Figura 2) revelou um padrão de resultados interessante. O controle apresentou comportamento nitidamente distinto dos demais tratamentos, resultando na formação de três agrupamentos, um dos quais composto exclusivamente pelo controle.

As setas azuis no biplot representam os vetores das variáveis, indicando o peso e a direção de contribuição de cada uma para a separação dos tratamentos. Observa-se que todas as variáveis avaliadas estão direcionadas para o controle, sugerindo que este apresentou os maiores valores para esses parâmetros.

As setas das variáveis avaliadas apontaram em direção ao controle, indicando que este grupo apresentou os maiores valores para os parâmetros de crescimento e produtividade analisados: área foliar, massa seca da folha, massa seca dos ramos, massa seca total (folhas + ramos), número de vagens por planta, massa seca das vagens e número de grãos. Dessa forma, o controle está fortemente associado ao incremento das variáveis positivas do amendoim, enquanto os tratamentos com apaga-fogo se posicionaram no lado oposto do gráfico, refletindo as reduções observadas em função da interferência competitiva. Esse padrão reforça que a presença do apaga-fogo compromete o desempenho do amendoim, especialmente em menores distâncias e maiores densidades.

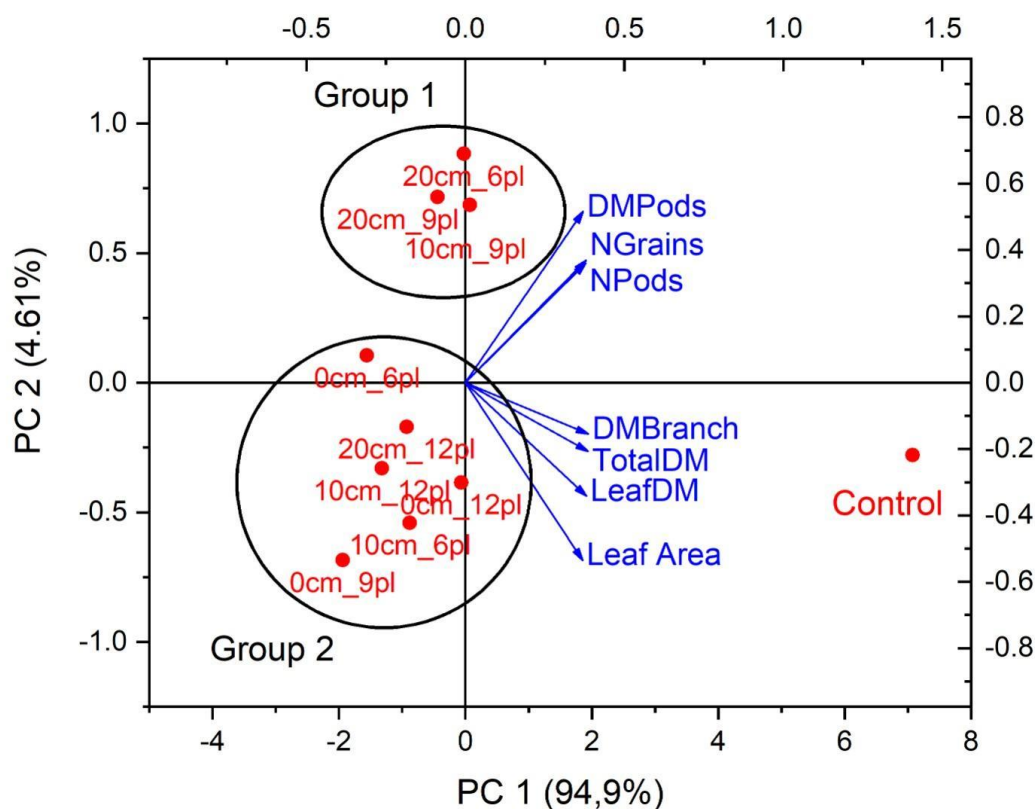


Figura 2. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com apaga-fogo. Control - grupo controle; Leaf area - área foliar; LeafDM - massa seca da folha; Total DM - massa seca tota (folhas + ramos); DMBranch - massa seca dos ramos; NPods - número de vagens; NGrains - número de grãos; DMPods - massa seca das vagens.

O “Group 1” reuniu os tratamentos com distância de 20 cm e menores densidades (6 e 9 plantas), que teoricamente representam menor intensidade de competição em comparação às distâncias reduzidas (1 cm, indicadas como 0 cm no gráfico). Essa distinção é sustentada, principalmente, pelas variáveis DMPods (massa seca das vagens), NGrains (número de grãos) e NPods (número de vagens), que apresentaram maiores valores nesses tratamentos.

O Group 2, por apresentar as menores distâncias em relação ao controle, evidenciou a maior influência negativa entre os tratamentos, sendo composto pelas plantas cultivadas nas menores distâncias. Esse resultado destaca a relevância da proximidade como fator determinante na intensificação dos efeitos competitivos sobre o amendoim. O primeiro componente principal (PC1) explicou 94,9% da variabilidade total dos dados, sendo o principal responsável pela separação nítida dos agrupamentos observados no gráfico.

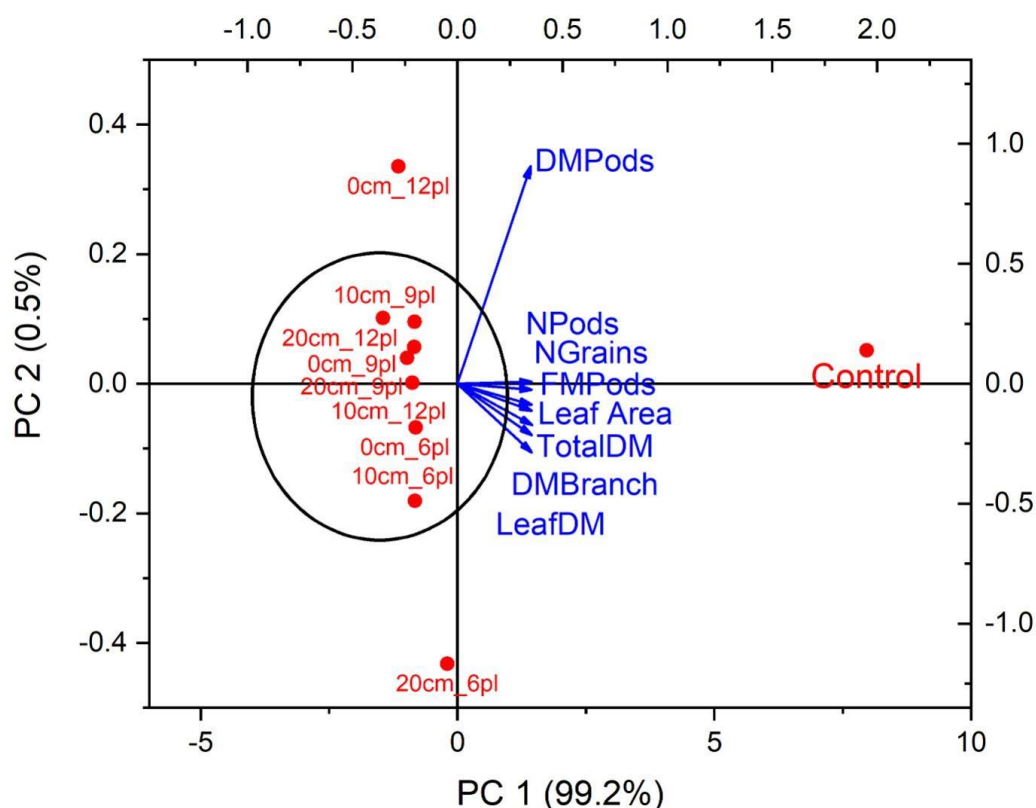


Figura 3. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com capim-braquiária. Control - grupo controle; Leaf area - área foliar; LeafDM - massa seca da folha; Total DM - massa seca total (folhas + ramos); DMBranch - massa seca dos ramos; NPods - número de vagens; NGrains - número de grãos; FMPods - massa fresca das vagens; DMPods - massa seca das vagens.

O gráfico de PCA para a interação de amendoim com capim-braquiária (Figura 3) evidenciou padrões de agrupamento relevantes, com destaque para a posição do controle, que se apresentou em oposição marcante aos demais tratamentos. Essa separação indica diferenças substanciais entre os resultados do controle e daqueles obtidos nos tratamentos experimentais.

Ao analisar o agrupamento principal, observa-se que ele inclui praticamente todas as combinações de distâncias e densidades, exceto os tratamentos 0cm_12pl (distância de 1 cm com densidade de 12 plantas) e 20cm_6pl (distância de 20 cm com densidade de 6 plantas), que se posicionaram de forma distinta. Esses resultados sugerem ausência de diferenças significativas entre os tratamentos experimentais, sendo a principal distinção observada apenas na comparação com o controle. Demonstração essa confirmada pelo valor de PC 1, sendo de 99.2%, presente no eixo X.

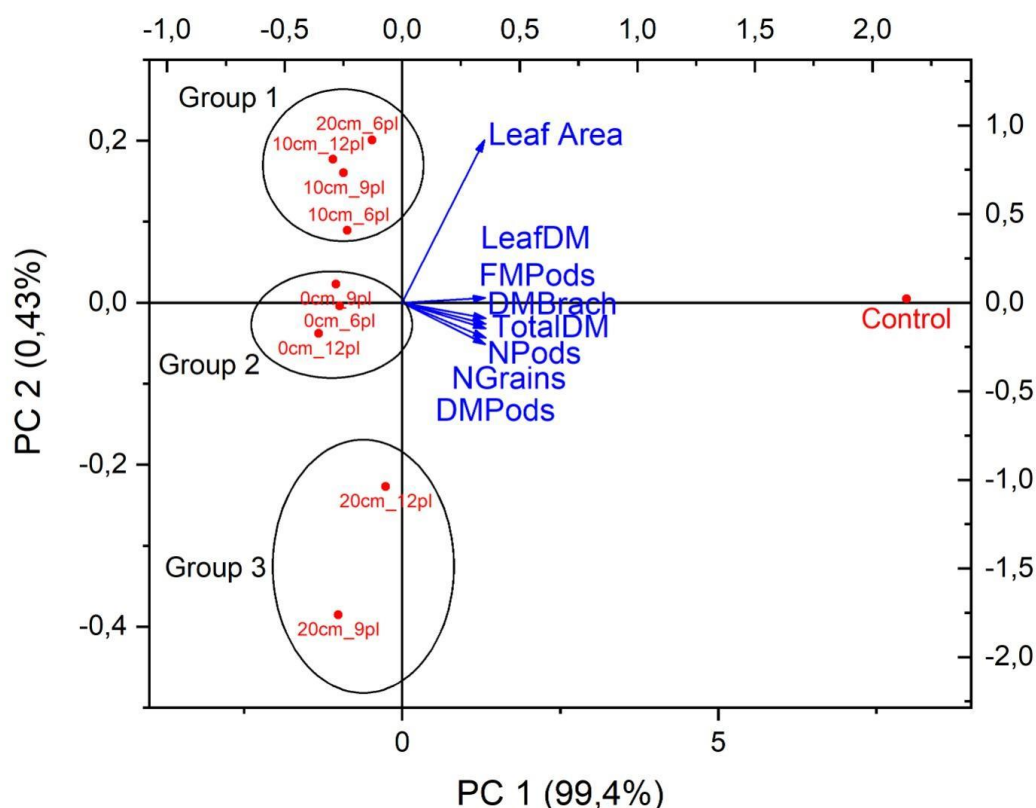


Figura 4. Análise de componentes principais de amendoim cv. IAC OL 3 em interação com mucuna-preta. Control - grupo controle; Leaf area - área foliar; LeafDM - massa seca da folha; Total DM - massa seca total (folhas + ramos); DMBranch - massa seca dos ramos; NPods - número de vagens; NGrains - número de grãos; FMPods - massa fresca das vagens; DMPods - massa seca das vagens.

A análise de componentes principais (PCA) para a mucuna-preta (Figura 4) evidenciou a formação de três grupos distintos de tratamentos, além do controle. O controle apresentou-se isolado dos demais, posicionado de forma oposta no gráfico biplot, indicando uma distância multivariada significativa em relação aos outros grupos. As setas (vetores das variáveis) mostraram orientação direcionada para o controle, sugerindo que este apresentou os maiores valores para as variáveis avaliadas, o que justifica a distribuição inversamente proporcional dos demais tratamentos em relação a ele.

O Group 3 foi composto pelos dois tratamentos com distância de 20 cm (densidades de 9 e 12 plantas), que se agruparam próximos no espaço definido pelos dois primeiros componentes, refletindo respostas semelhantes nas variáveis analisadas. O Group 2 reuniu todos os tratamentos com distância mínima 0cm (representa 1 cm), sendo o conjunto mais oposto ao controle e apresentando os valores mais contrastantes em relação a este. Já o Group 1 englobou, predominantemente, os tratamentos intermediários, ocupando posição entre os extremos representados pelo controle e pelo Group 2.

3.3. Experimentos em hidroponia

3.3.1. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de apaga-fogo

Na análise do desenvolvimento do amendoim em convivência com o daninha apaga-fogo e sob restrição nutricional em sistema hidropônico, destacam-se dois fatores principais a serem avaliados: a presença ou ausência de competição com a planta daninha e as possíveis restrições nutricionais impostas ou não ao cultivo.

A Figura 5 demonstra que, no período de 7 a 28 dias após o início do experimento, não houve diferenças significativas no crescimento em altura das plantas de amendoim entre as diferentes combinações de presença ou ausência da planta daninha apaga-fogo e de restrição nutricional (deficiência de N, P ou K). Esses resultados indicam que, nos 28 dias iniciais de avaliação, a convivência com a apaga-fogo, associada ou não a algum tipo de deficiência nutricional, não exerceu efeito significativo sobre o crescimento em altura das plantas de amendoim nos quais os controles ficaram com valores muito próximos dos experimentais.

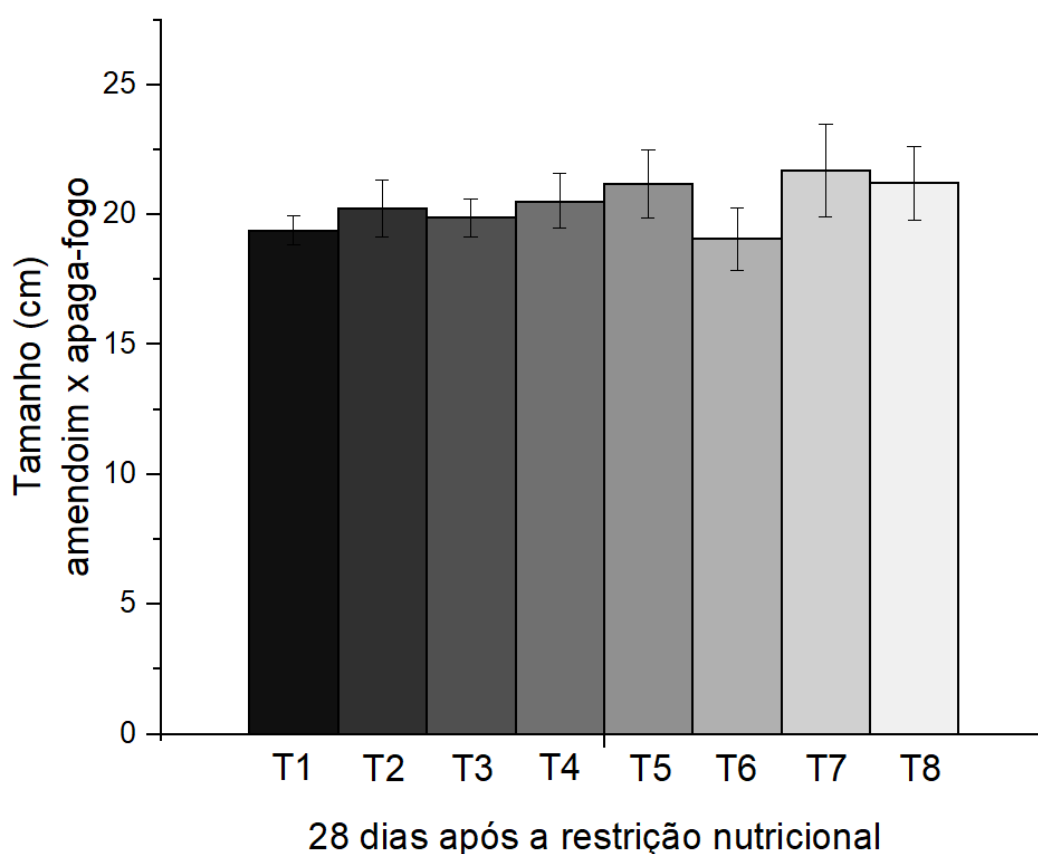


Figura 5. Tamanho de plantas de amendoim em competição com apaga-fogo, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland. T1 – amendoim cultivado sem nitrogênio (N); T2 – amendoim sem fósforo (P); T3 – amendoim sem potássio (K); T4 – amendoim em competição com apaga-fogo, sem N; T5 – amendoim em competição com apaga-fogo, sem P; T6 – amendoim em competição com apaga-fogo, sem K; T7 – amendoim em competição com apaga-fogo, com solução nutritiva completa (100% Hoagland); T8 – amendoim controle, com solução nutritiva completa (100% Hoagland).

3.3.2. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de capim-braquiária

O comportamento observado na Figura 6, que apresenta a resposta da altura do amendoim em convivência com o capim-braquiária, foi semelhante ao verificado na interação com a apaga-fogo (Figura 5). Entretanto, nota-se que, mesmo sem diferenças estatísticas entre os tratamentos e o controle, a presença do capim-braquiária resultou em valores finais de altura ligeiramente inferiores aos registrados para as demais plantas daninhas avaliadas no sistema hidropônico, independentemente da presença ou ausência de restrição nutricional.

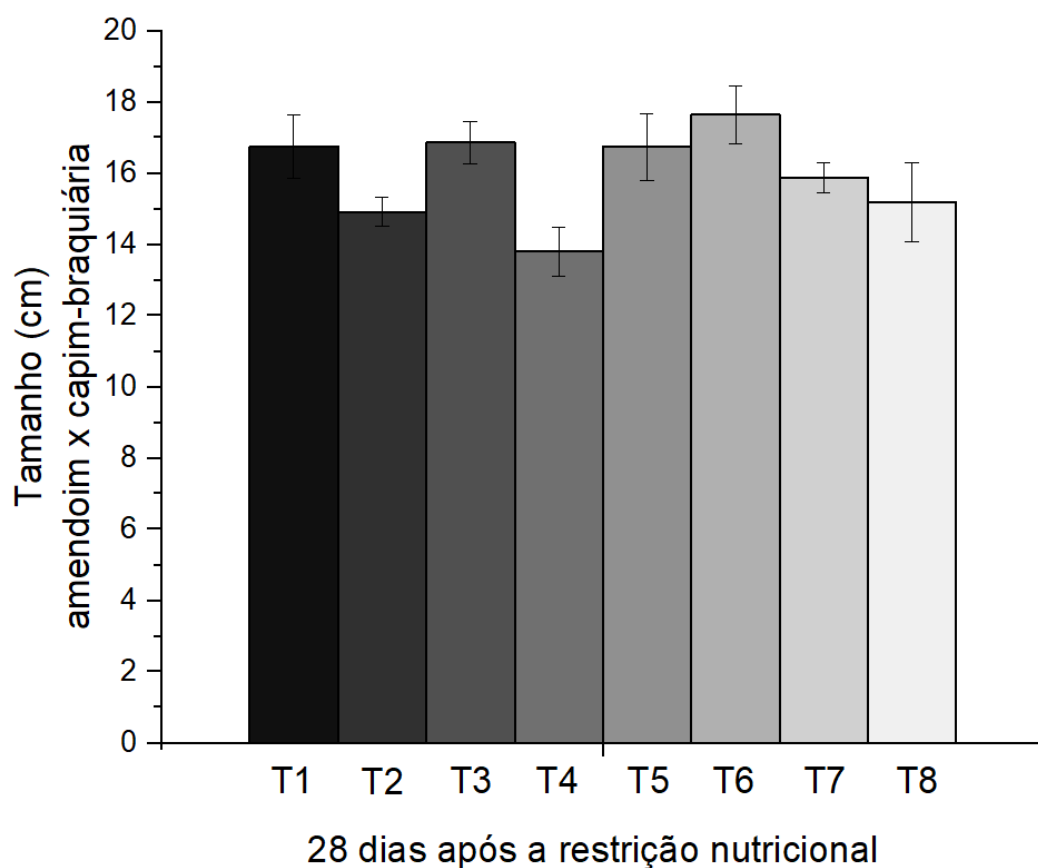


Figura 6. Tamanho de plantas de amendoim em competição com capim-braquiária, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland. T1 – amendoim cultivado sem nitrogênio (N); T2 – amendoim sem fósforo (P); T3 – amendoim sem potássio (K); T4 – amendoim em competição com capim-braquiária, sem N; T5 – amendoim em competição com capim-braquiária, sem P; T6 – amendoim em competição com capim-braquiária, sem K; T7 – amendoim em competição com capim-braquiária, com solução nutritiva completa (100% Hoagland); T8 – amendoim controle, com solução nutritiva completa (100% Hoagland).

3.3.3. Desenvolvimento de amendoim sob interferência de mucuna-preta

Na Figura 7, que apresenta a convivência do amendoim em sistema hidropônico com mucuna-preta, observou-se um comportamento muito semelhante ao registrado para as duas espécies anteriormente avaliadas (apaga-fogo e capim-braquiária). Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, nem em comparação com o controle, tanto para a altura das plantas ao longo do período avaliado (5 a 30 dias) quanto para as demais variáveis de crescimento analisadas. Assim como nas interações anteriores, a presença da mucuna-preta, associada ou

não a restrições nutricionais (deficiência de N, P ou K), não resultou em alterações expressivas no desenvolvimento inicial das plantas de amendoim.

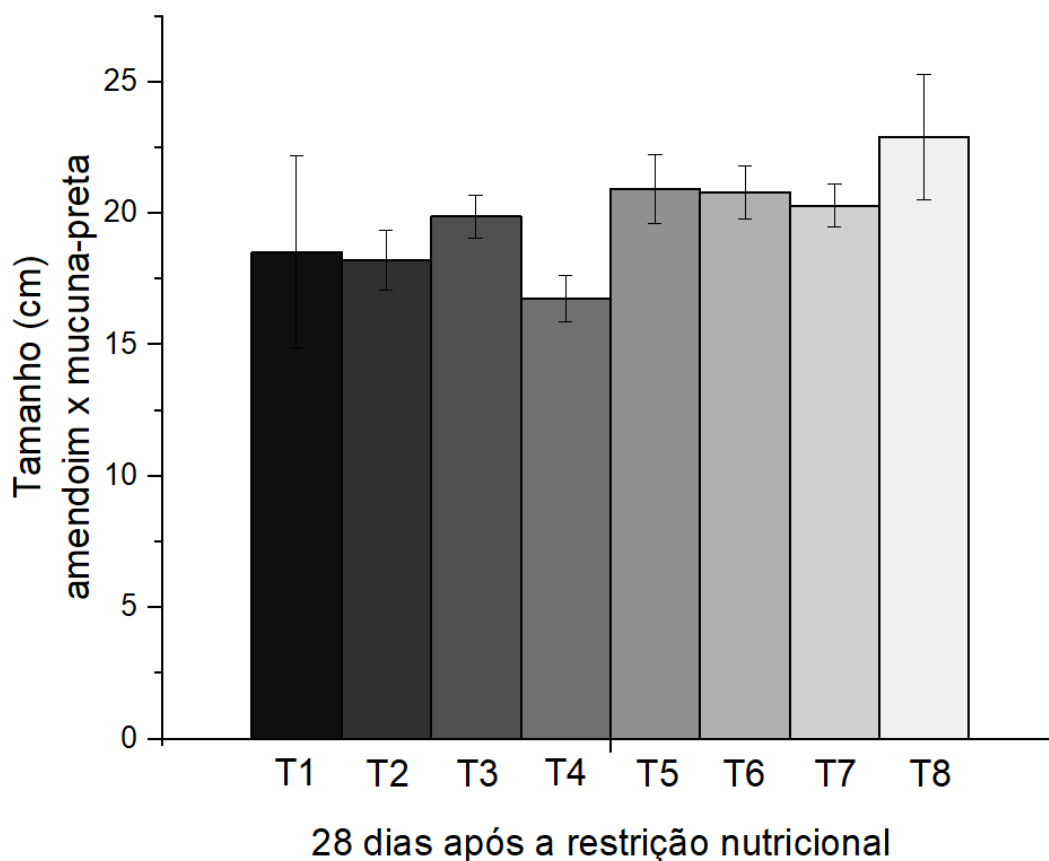


Figura 7. Tamanho de plantas de amendoim em competição com mucuna-preta, sob condição de restrição nutricional, em sistema hidropônico com solução de Hoagland. T1 – amendoim cultivado sem nitrogênio (N); T2 – amendoim sem fósforo (P); T3 – amendoim sem potássio (K); T4 – amendoim em competição com mucuna-preta, sem N; T5 – amendoim em competição com mucuna-preta, sem P; T6 – amendoim em competição com mucuna-preta, sem K; T7 – amendoim em competição com mucuna-preta, com solução nutritiva completa (100% Hoagland); T8 – amendoim controle, com solução nutritiva completa (100% Hoagland).

Nos resultados referentes à interação de amendoim e apaga-fogo (Tabela 12) em sistema hidropônico, não foram observadas diferenças significativas entre os efeitos de restrição nutricional de N, P, K e da competição interespecífica propriamente dita. Dessa forma, para as variáveis massa seca do caule e massa seca da raiz, a interação entre as espécies não se mostrou expressiva no tempo imposto no experimento, indicando que o estresse competitivo imposto não foi

suficiente para provocar alterações relevantes no desenvolvimento vegetativo do amendoim.

Tabela 12. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com apaga-fogo e restrição nutricional.

	Massa seca caule (g)	Massa seca raiz (g)
Condição de competição com apaga-fogo		
Com competição	0,26 a	0,14 a
Sem competição	0,27 a	0,13 a
Condição nutricional		
N -	0,25 ab	0,12 a
P -	0,28 ab	0,14 a
K -	0,22 b	0,13 a
Completa	0,31 a	0,14 a
Testemunha (T)	8,56	0,13
F _C	0,61 ^{NS}	2,05 ^{NS}
F _N	3,19*	1,43 ^{NS}
F _{CxN}	0,26 ^{NS}	1,48 ^{NS}
DMS	0,08	0,03
CV(%)	26,23	20,21

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo. C - condição de competição, N - condição nutricional.

Na Tabela 13, são apresentados os resultados da interação entre a massa seca do caule e da raiz do amendoim sob competição com capim-braquiária e restrição nutricional. Diferentemente do observado para o apaga-fogo, o capim-braquiária apresentou efeito significativo para a interação entre competição e ausência nutricional, especificamente na variável massa seca da raiz.

Tabela 13. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com capim-braquiária e restrição nutricional.

	Massa seca caule (g)	Massa seca raiz (g)
Condição de competição com capim-braquiária		
Com competição	0,89 a	1,20 a
Sem competição	0,98 a	1,31 a
Condição nutricional		
N -	0,77 b	1,03 bc
P -	0,80 ab	0,90 c
K -	0,97 ab	1,73 a
Completa	1,20 a	1,37 ab
Testemunha (T)	0,93	1,26
F _C	0,58 ^{NS}	1,13 ^{NS}
F _N	3,34*	12,67**
F _{CxN}	2,61 ^{NS}	4,16*
DMS	0,41	0,39
CV(%)	36,18	26,16

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo. C - condição de competição, N - condição nutricional.

A Tabela 14 representa o desdobramento da interação entre o parâmetro avaliado (massa seca da raiz) do amendoim sob competição com capim-braquiária e déficit nutricional, que foi representado na Tabela 13. Nesse caso, a competição apresentou significância para todos os elementos nutricionais ausentes (N, P e K). Esses resultados evidenciam que a presença da braquiária, associada à deficiência de qualquer um desses nutrientes, causa maior prejuízo ao desenvolvimento do amendoim do que o observado com a convivência com a planta daninha apaga-fogo, por exemplo.

Tabela 14. Desdobramento do efeito da competição e restrição nutricional sobre a massa seca da raiz de amendoim com e sem convivência com capim-braquiária.

Desdobramento massa seca da raiz de capim-braquiária (g)	N-	P-	K-	Completa	F
Com competição	0,70 aB	0,87 aB	1,08 aB	0,92 aB	4,93**
Sem competição	0,84 aA	0,73 aA	0,86 aA	1,48 aA	1,02 ^{NS}

Letras minúsculas no sentido das linhas comparam a massa seca na condição de competição; letras maiúsculas no sentido da coluna comparam a massa seca em relação a condição nutricional.

Para melhor compreensão da diferença identificada na Tabela 13, a Tabela 14 apresenta as interações que diferiram significativamente entre os fatores (competição × nutriente). Observa-se que apenas a ausência de N foi capaz de causar prejuízos à massa seca do caule quando associada à competição com a mucuna-preta. Esse resultado indica que o nitrogênio, tanto em ausência quanto na presença da planta daninha, exerce influência negativa sobre o desenvolvimento do caule do amendoim. Por outro lado, as deficiências de P e K não apresentaram efeito significativo nessa interação.

A análise dos resultados obtidos da Tabela 15 avalia a massa seca de caule e raiz do amendoim sob competição com mucuna-preta e restrição nutricional de N, P e K. O padrão de resposta observado para a mucuna-preta foi distinto das demais espécies avaliadas. Nesse caso, a mucuna-preta apresentou significância para a variável massa seca do caule quando analisada a interação entre competição e ausência nutricional. No entanto, esse efeito não foi observado para a massa seca da raiz, em que ambas as interações não apresentaram diferenças estatísticas. Para os fatores e interações que apresentaram significância estatística, realizou-se o desdobramento dos dados, a fim de identificar as diferenças entre os tratamentos (Tabela 16).

Tabela 15. Massa seca de caule e raiz do amendoim com e sem convivência com mucuna-preta e restrição nutricional.

	Massa seca caule (g)	Massa seca raiz (g)
Condição de competição com mucuna-preta		
Com competição	0,25 a	0,10 b
Sem competição	0,25 a	0,13 a
Condição nutricional		
N -	0,23 b	0,11 a
P -	0,22 b	0,11 a
K -	0,25 ab	0,13 a
Completa	0,30 a	0,11 a
Testemunha (T)	0,25	0,11
F _c	0,05 ^{NS}	10,10*
F _N	3,66*	1,65 ^{NS}
F _{CxN}	5,69**	2,16 ^{NS}
DMS	0,07	0,03
CV(%)	23,33	24,55

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo. C - condição de competição, N - condição nutricional.

Tabela 16. Desdobramento do efeito da competição e restrição nutricional sobre a massa seca do caule de amendoim com e sem convivência com mucuna-preta.

Desdobramento massa seca do caule de mucuna-preta (g)	N-	P-	K-	Completa	F
Com competição	0,17 bA	0,27 aB	0,26 aAB	0,29 aA	5,52**
Sem competição	0,28 aB	0,17 bAB	0,24 aAB	0,31 aA	3,83*

Letras minúsculas no sentido das linhas comparam a massa seca na condição de competição; letras maiúsculas no sentido da coluna comparam a massa seca em relação a condição nutricional.

4. DISCUSSÃO

Para os parâmetros biométricos indicados na Figura 1 – Efeito de diferentes distâncias e densidades de capim-braquiária no desenvolvimento de amendoim cv. IAC OL 3 – observou-se que de maneira geral houve influência negativa da

convivência de capim-braquiária com amendoim. Esse fator é preocupante, pois o amendoim é uma importante leguminosa utilizada em áreas de pastagens, especialmente em sistemas integrados, para aumentar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio e contribuir para a melhoria da fertilidade do solo nas culturas subsequentes (Sollenberger e Dubeux, 2022). Entretanto, os resultados obtidos evidenciam que sob determinadas condições de cultivo, sem restrição hídrica e em campo aberto, o capim-braquiária pode exercer comportamento competitivo intenso, atuando como planta daninha e comprometendo o desenvolvimento da leguminosa.

Essa interferência ocorre sobretudo pela elevada eficiência do capim-braquiária em dominar rapidamente a área de cobertura, devido à suas características morfológicas, formando um dossel denso que reduz a disponibilidade de luz incidente, abafando assim a expansão vegetativa de plantas vizinhas (Serrão e Simão, 1971; Machado et al., 2013), como o amendoim. Além disso, seu sistema radicular ramificado e profundo pode ter favorecido a gramínea na captação de nutrientes e água disponíveis no solo. Esses fatores observados conferem ao capim-braquiária uma vantagem adaptativa significativa, tornando-a uma competidora eficiente em ambientes consorciados ou em áreas de sucessão de culturas.

Dessa forma, embora o consórcio de leguminosas com gramíneas seja uma estratégia integrada que promove vantagens para as plantas forrageiras (Sollenberger e Dubeux, 2022), deve-se considerar que, assim como mostram os resultados deste trabalho, a ausência de controle ou manejo ineficaz, podem transformar uma espécie de interesse forrageiro em planta daninha de difícil contenção.

Essa preocupação torna-se ainda mais relevante diante da recente expansão do cultivo de amendoim em áreas do Mato Grosso do Sul (Canal Rural, 2025), locais onde a forragicultura representa atividade consolidada e que o uso de capim-braquiária é amplamente difundido. Neste contexto é importante levar em consideração os bancos de sementes expressivos que se têm nessas áreas, caracterizando essa gramínea como planta daninha potencial. Evidenciando assim, que é imprescindível que haja manejo rigoroso para que ocorra o desenvolvimento pleno dos cultivos.

Os resultados observados nas Tabelas 7 e 8 corroboram as evidências presentes na literatura, nas quais a convivência de amendoim com espécies de gramínea reduzem o desenvolvimento e consequente rendimento da leguminosa. Chamblee et al (1982) relataram em sua pesquisa que a convivência prolongada do amendoim com *Brachiaria platyphylla* reduziu a produtividade do amendoim em até 69%, fato este que está diretamente relacionado com a elevada eficiência do capim em utilização dos recursos disponíveis no meio.

O amendoim, apaga-fogo e mucuna-preta são eudicotiledôneas, o que implica demandas nutricionais e padrões de crescimento mais próximos, quando comparado ao capim-braquiária. Essa similaridade pode resultar em competição mais direta pelos macro e micronutrientes do solo, além da disponibilidade de água e luz. A literatura mostra que de maneira geral as espécies de plantas que possuem requisitos ecológicos semelhantes tendem a apresentar maior sobreposição de nicho, intensificando o grau de interferência interespecífica (Pitelli, 1985; Oliveira et al., 2015). Assim, o amendoim, ao competir com outras eudicotiledôneas de crescimento vigoroso, pode encontrar menor possibilidade de compensação fisiológica, o que se reflete nas reduções observadas de biomassa e produtividade.

Para a mucuna-preta, sua interferência é potencializada pelo rápido desenvolvimento inicial, alto índice de área foliar e intensa capacidade de sombreamento (Alvarenga et al., 1995; Ramos et al., 2018). Além desses fatores, a mucuna-preta tem hábito trepador, no qual neste experimento foi observado também o estrangulamento do amendoim, provocando assim a morte de algumas plantas. Outro ponto que se deve ser considerado é o fato de a mucuna-preta e o amendoim fazerem parte da mesma família de plantas, Fabaceae, o que intensifica a competição por recursos semelhantes.

Estudos também mostram que tanto o apaga-fogo quanto a mucuna-preta possuem potencial alelopático (Dias, 2022; Pallavi e Vaishali, 2023). Essa combinação de efeitos químicos e físicos de competição pode explicar a uniformidade dos resultados entre os tratamentos experimentais, mas também o caráter mais severo das reduções quando o amendoim conviveu com espécies de características fisiológicas semelhantes.

Essa interação pode ser muito bem explicada pelos gráficos de PCA, representados nas Figuras 2, 3 e 4. Na Figura 2, que avalia a interação de apaga-fogo com amendoim, 94,9% dos dados foram explicados pela PC 1, enquanto

4,61% pela PC 2. Os resultados de PCA estão de acordo com os critérios estabelecidos por Sneath (1973), que tratam que os componentes principais devem explicar pelo menos 70% da variância total dos dados. Os três grupos (Controle, G1 e G2) apresentaram distinção considerável entre si e dentre eles, os que tiveram menor efeito negativo sobre amendoim foram os tratamentos de maior distância (20 cm) e densidade menor e intermediária (6 e 9 plantas por vaso), representados pelo G1. Esse resultado era esperado visto que o aumento da distância entre as espécies pode reduzir a competição direta por recursos do meio.

Na Figura 3, referente à convivência do amendoim com capim-braquiária, a PCA revelou igualmente distinção entre tratamentos com o controle, no qual a PC 1 representou 99,2% dos dados e a PC 2 0,5%. Apesar do capim-braquiária ter dominado de maneira expressiva o dossel dos vasos, interessantemente houve a formação de dois pontos isolados, sendo eles o de 12 plantas a 1 cm, indicando que este foi o tratamento mais agressivo para o amendoim. Já o segundo foi o de 6 plantas a 20 cm, ou seja, o tratamento mais brando. Guidugli et al., (2024) observaram em seu trabalho resultado similar, na qual a coexistência de eucalipto com capim-amargoso (*Digitaria insularis*) interferiu negativamente no desenvolvimento inicial das árvores. Contudo, foi observado pelos autores que os impactos do capim-amargoso foram mais severos nos experimentos de rebrota, quando o sistema radicular da gramínea já estava totalmente estabelecido. De modo análogo, esse comportamento poderia ser esperado também para o capim-braquiária, uma vez que sua alta capacidade de perfilhamento, rápida rebrota e eficiente sistema radicular conferem vantagem competitiva na ocupação do espaço e na exploração de recursos, podendo acentuar os efeitos de interferência sobre o amendoim em situações de convivência prolongada.

Para os dados de PCA representados na Figura 4, quanto à convivência de amendoim com mucuna-preta observou-se a formação de quatro grupos (Controle, G1, G2 e G3). Notavelmente, a separação entre os grupos ocorreu principalmente em função das distâncias avaliadas (1 cm, 10 cm e 20 cm), evidenciando que esse fator exerceu influência expressiva sobre a resposta do amendoim. Essa distribuição espacial no gráfico demonstra que o aumento da distância reduziu o grau de interferência da mucuna-preta, permitindo maior desenvolvimento da cultura. Interessantemente, as plantas que estavam dispostas a 20 cm na menor densidade (6 plantas por vaso), o efeito foi semelhante as plantas do G1, agrupadas no

tratamento de 10 cm. Assim, a PCA tornou mais clara a relação entre a proximidade física e o impacto sobre as variáveis de crescimento e produtividade, considerando que a PC1 foi responsável por representar 99,4% das variáveis avaliadas, enquanto a PC 2 0,43%.

Quanto aos resultados obtidos nos experimentos de hidroponia, para a variável de altura ao longo do tempo (Figuras 5, 6 e 7), os dados foram semelhantes para as três espécies, ou seja, mesmo com o amendoim competindo pelos recursos com as espécies daninhas de apaga-fogo, capim-braquiária e mucuna-preta sob restrição nutricional de N, P e K, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos. Li e colaboradores (2021) observaram que quando o amendoim é submetido isoladamente à deficiência nutricional, ocorre redução na altura das plantas já aos oito dias após a imposição da restrição. No presente estudo, entretanto, o período de restrição foi mantido por 28 dias, o que indica que a convivência com as plantas daninhas pode ter contribuído para uma resposta compensatória, auxiliando o amendoim a manter maior crescimento em altura mesmo sob estresse prolongado.

Em relação aos resultados de massa seca do caule e da raiz, houveram alguns efeitos mais expressivos resultantes da convivência e restrição nutricional. No ensaio de convivência entre o amendoim e o apaga-fogo em sistema hidropônico (Tabela 12), os resultados indicaram ausência de efeito competitivo significativo sobre a massa seca da raiz do amendoim. Esse padrão sugere que, nas condições controladas do sistema hidropônico, nem a presença da espécie competidora nem a restrição nutricional de N, P, K promoveram redução expressiva da biomassa radicular da cultura avaliada. Em estudo que investigou a resposta de raízes a déficits nutricionais mostrou que, embora deficiências de N e P normalmente reduzam comprimento radicular e biomassa, as respostas podem variar entre espécies e condições experimentais, e em alguns casos a planta pode alocar recursos para manter a função radicular básica frente ao estresse nutricional (Lopez et al., 2023).

Para a massa seca do caule (Tabela 12), observou-se que todos os tratamentos diferiram da testemunha, porém não houve efeito significativo entre os tratamentos com apaga-fogo e entre os níveis de restrição nutricional. Esses dados mostram que a restrição nutricional afetou negativamente o desenvolvimento da parte aérea do amendoim, mostrando que para a interação de amendoim com

apaga-fogo, a parte aérea pode ser a mais sensível às variações no balanço de nutrientes disponíveis no meio. Esse comportamento é preocupante, pois a redução da massa seca do caule pode comprometer a sustentação e o transporte de fotoassimilados, além de estar associada à menor capacidade fotossintética, uma vez que estruturas aéreas menos desenvolvidas limitam a interceptação de luz e o acúmulo de biomassa foliar (Taiz et al., 2011; Li et al., 2021).

Ao considerar simultaneamente os efeitos da competição e da restrição nutricional sobre o amendoim em convivência com o capim-braquiária (Tabela 13), nota-se um comportamento distinto em relação ao observado para o apaga-fogo. A competição isoladamente não exerceu efeito significativo, porém a limitação de nutrientes, de forma isolada, afetou expressivamente tanto a massa seca do caule quanto a da raiz. Observou-se ainda que para a massa seca do caule, os tratamentos apresentaram comportamento semelhante, enquanto para a massa seca da raiz as diferenças foram significativas entre todos os tratamentos. Ressalta-se ainda que a interação entre competição e restrição nutricional foi significativa para massa seca da raiz, o que suscitou no desdobramento dos dados (Tabela 14) a fim de compreender melhor os efeitos combinados desses fatores.

Na Tabela 14 há o detalhamento da interação entre a competição e restrição nutricional para massa seca da raiz. Neste caso, observou-se que a competição foi significativa, $F(4,93^{**})$, para todos os nutrientes ausentes (N, P, K), indicando que a presença da planta daninha quando combinada com a deficiência de qualquer um desses macronutrientes, gera um impacto mais severo no desenvolvimento radicular do amendoim do que observado em outros arranjos de competição.

De acordo com a revisão de Little et al. (2021), a competição por nutrientes é amplificada em condições de baixa fertilidade, pois as plantas daninhas apresentam maior plasticidade fenotípica e adaptabilidade fisiológica, permitindo explorar eficientemente os recursos limitados. Isso explica o impacto mais severo da convivência com braquiária sob restrição nutricional, uma vez que o amendoim, por ser uma leguminosa cultivada, tende a priorizar o crescimento aéreo e a nodulação simbiótica, tornando-se menos eficiente em competir por nutrientes minerais em condições adversas. Nesse contexto, a combinação entre deficiência nutricional e interferência da planta daninha caracteriza um estresse composto, que compromete a expansão do sistema radicular e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes e o vigor inicial da cultura.

Os resultados apresentados na Tabela 15 evidenciam a interação entre a competição com mucuna-preta e a restrição dos nutrientes N, P, K sobre a massa seca do caule e raiz do amendoim. Para a variável de competição independente os resultados foram significativos somente para a massa seca da raiz. Em contrapartida, o efeito isolado da nutrição só foi significativa para a massa seca do caule. Porém, quando avaliada a resultante da interação entre as variáveis competição e restrição nutricional, foi observado efeito significativo para a massa seca do caule, sendo assim, fez-se necessário o desdobramento para melhor elucidar as decorrências de tal interação (Tabela 16).

Considerando o desdobramento da interação entre a competição e a restrição nutricional para a massa seca do caule da mucuna-preta (Tabela 16), observou-se que tanto na condição de convivência quanto na ausência de competição houve variação significativa em função dos tratamentos nutricionais, conforme indicado pelos valores de F (5,52** e 3,83*). De modo geral, os menores valores foram observados sob omissão de N e P, enquanto as soluções completas apresentaram os maiores acúmulos de massa seca no caule.

Esses resultados reforçam que a deficiência de macronutrientes essenciais, especialmente N e P, compromete diretamente o crescimento vegetativo e a formação de tecidos estruturais, como o caule. Lopez et al., (2023) observaram que a relação entre a formação das estruturas de raiz e parte aérea das plantas foi aumentada em 44% quando as mesmas eram expostas ao ambiente com omissão de N, porém não encontraram uma relação significativa para P. Curiosamente, para os dados deste trabalho o déficit nutricional não afetou significativamente a massa seca da raiz, o que pode indicar a ocorrência de um efeito compensatório na formação dessa estrutura ou sugerir que o período de convivência entre amendoim e mucuna-preta não foi suficiente para gerar diferenças significativas.

De maneira geral este estudo demonstra que a convivência do amendoim com capim-braquiária, apaga-fogo e mucuna-preta afetam negativamente seu desenvolvimento e produtividade. Tanto para as variáveis de distância, densidade e restrição nutricional de N, P e K. Contudo, além desses fatores aqui demonstrados, é importante considerar a pressão ambiental de pragas e doenças sobre o sistema de cultivo. A literatura aponta que a interferência das plantas daninhas reduz a disponibilidade de recursos para o cultivo, podendo comprometer o sistema imunitário da planta hospedeira e favorecer o estabelecimento de doenças

secundárias. Assim, a presença de plantas daninhas não só afeta a produção via competição direta, mas também indiretamente por meio de aumento de carga de doenças ou suscetibilidade a hospedagem de pragas (Pitelli, 1985; Oliveira et al., 2015)

No que tange a segurança alimentar, o amendoim desempenha papel importante do ponto de vista nutricional, sendo fonte de proteínas, lipídios saudáveis, vitaminas e minerais (Çiftçi e Suna, 2022), embora no Brasil ainda não esteja plenamente difundido na dieta da população. Quando a produtividade e a qualidade do amendoim decaem devido à competição, déficit nutricional, doenças e pragas, há portanto, repercussão negativa para a segurança alimentar regional ou global. A queda na produção ou na qualidade implica em menor disponibilidade de alimento de alto valor nutritivo, o que é especialmente relevante para regiões vulneráveis. Além disso, há também o impacto econômico direto para o mercado interno e exportador.

Em resumo, se o amendoim estiver inserido em sistema com alta competição de plantas daninhas ou com disponibilidade inadequada de nutrientes, o cultivo pode ficar nutricionalmente debilitado e mais vulnerável a doenças e pragas. Também apresentar menor rendimento e qualidade, o que consequentemente implicará no impacto econômico negativamente. Portanto, o manejo integrado de plantas daninhas e a manutenção da fertilidade do solo são extremamente importantes para garantir tanto a produtividade imediata quanto à segurança alimentar, econômica e ambiental a médio-longo prazo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que, independentemente da densidade populacional de plantas daninhas (apaga-fogo, capim-braquiária e mucuna-preta) presentes na área, o impacto negativo sobre a produtividade do amendoim foi significativo. Mesmo em níveis mais baixos de infestação (6 plantas por vaso), observou-se redução expressiva no rendimento, evidenciando que a presença das plantas daninhas já é suficiente para comprometer o desempenho produtivo da cultura. Esses achados reforçam a importância do manejo preventivo e contínuo das plantas daninhas ao longo de todo o ciclo do amendoim, a fim de minimizar perdas econômicas e garantir maior eficiência na produção.

A competição com plantas daninhas e a restrição nutricional afetam de forma distinta o desenvolvimento do amendoim, sendo o impacto dependente tanto da espécie competidora quanto do nutriente com deficiência. O capim-braquiária apresentou o maior potencial de prejuízo, especialmente quando associada à ausência de N, P ou K, afetando simultaneamente caule e raiz. O apaga-fogo destacou-se pela sensibilidade à ausência de K, enquanto a mucuna-preta foi mais impactante na ausência de N e P. Nos estágios iniciais, a altura das plantas não foi afetada, mas a biomassa evidenciou as diferenças competitivas e nutricionais, reforçando a importância de estratégias específicas de manejo para minimizar perdas de produtividade.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 175-185, 1995.
- BAKER, H. G. et al. Characteristics and modes of origin of weeds. **Characteristics and modes of origin of weeds.**, p. 147-172, 1965.
- BRENDOLAN, R. A. et al. Efeitos da nutrição mineral na competição inter e intraespecífica de *Eucalyptus grandis* e *Brachiaria decumbens*: 1-crescimento. 2000.
- BUSI, R. et al. Rotations and mixtures of soil-applied herbicides delay resistance. **Pest Management Science**, v. 76, n. 2, p. 487-496, 2020.
- CHAMBLEE, R. W. et al. Interference of broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in peanuts (*Arachis hypogaea*). **Weed Science**, v. 30, n. 1, p. 45-49, 1982.
- COMETTI, N. N. et al. IV-Soluções nutritivas: formulação e aplicações. **Nutrição mineral de plantas**, p. 90-112, 2006.
- CANAL RURAL. Amendoim: estado dobra área plantada e consolida 2ª maior produção do Brasil. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/agricultura/amendoim-estado-dobra-area-plantada-e-consolida-2a-maior-producao-do-brasil/>>. Acesso em: 09 de julho, 2025.
- ÇİFTÇİ, S. e SUNA, G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: A review. **Future foods**, v. 5, p. 100140, 2022.

- DARAMOLA, O. S. et al. Competing with the Competitors in an Endless Competition: A Systematic Review of Non-chemical Weed Management Research in Peanut (*Arachis hypogaea*) in the US. **Weed Science**, p. 1-45, 2023.
- DAVIS, A. S. e FRISVOLD, G. B. Are herbicides a once in a century method of weed control?. **Pest management science**, v. 73, n. 11, p. 2209-2220, 2017.
- DAYAN, F. E. Current status and future prospects in herbicide discovery. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 341, 2019.
- ALENCAR, B. I. L. et al. Produtividade de cultivares de amendoim no Oeste Paulista–safra 2020/2021. **South American Sciences**, v. 2, n. edesp1, p. e21120-e21120, 2021.
- OLIVEIRA CRUZ, M. R. e MAGALHÃES, M. M. Rotação de culturas e efeito sobre os custos na reforma de canavial na região da Alta Paulista. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 7, 2013.
- DIAS, R. C. Efeito alelopático de mucuna-preta (*Mucuna pruriens* var. *utilis*). 2022.
- GUIDUGLI, T. B. et al. Glyphosate-resistant *Digitaria insularis* effect on eucalyptus initial growth. **New Forests**, v. 55, n. 5, p. 1209-1229, 2024.
- HORVATH, D. P. et al. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. **Trends in Plant Science**, 2023.
- JOHNSON III, W. C. A review of weed management challenges in organic peanut production. **Peanut Science**, v. 46, n. 1, p. 56-66, 2019.
- KHAN, F. A. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. **International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences**, v. 2, n. 2, p. 59-66, 2018.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor-analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.
- KEBASO, L. et al. Biology, ecology and management of *Raphanus raphanistrum* L.: anoxious agricultural and environmental weed. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 17692-17705, 2020.
- LI, L. et al. Response of root growth and development to nitrogen and potassium deficiency as well as microRNA-mediated mechanism in peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 695234, 2021.
- LITTLE, N. G. et al. Effects of fertility amendments on weed growth and weed–crop competition: a review. **Weed Science**, v. 69, n. 2, p. 132-146, 2021.

- LOPEZ, G. et al. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1067498, 2023.
- MACHADO, L. A. Z. et al. Identificação e características de forrageiras perenes para consórcio com milho. 2013.
- MOHR, H. e SCHOPFER, P. Plant physiology. **Springer Science e Business Media**, 2012.
- NAÇÕES UNIDAS . Nações Unidas Brasil. Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%3%A1vel>>. Acesso em: 02 de outubro, 2023.
- OLIVEIRA, M. F. et al. **Métodos de manejo de plantas daninhas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Comunicado Técnico n. 213, 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037821/1/ct213.pdf>>. Acesso em: 22 de setembro, 2025.
- PALLAVI, G. et al. Comparative studies of allelopathic effect of composite plant extracts of *Alternanthera tenella* Colla. and *Euphorbia heterophylla* L. on *Triticum aestivum* L. **South Asian Journal of Experimental Biology**, v. 13, n. 5, p. 366-372, 2023.
- PATEL, M. K. et al. Plants metabolome study: Emerging tools and techniques. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 2409, 2021.
- RAMOS, A. R. et al. Características agronômicas da mucuna-preta em diferentes épocas de sementeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n.4, p. 1051-1058, 2018.
- RAVET, K. et al. The power and potential of genomics in weed biology and management. **Pest management science**, v. 74, n. 10, p. 2216-2225, 2018.
- SATHIYANARAYANAN, L. e ARULMOZHI, S. *Mucuna pruriens* Linn.-A comprehensive review. **Pharmacognosy Reviews**, v. 1, n. 1, 2007.
- SERRÃO, E. A. S. e SIMÃO N. M. Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germain et Everard. 1971.
- SILVA, P. H. F. et al. Morphological and structural characteristics of *Urochloa decumbens* Stapf. deferred pasture grazed by heifers under two periods of proteinenergy supplementation. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, 2019.
- SNEATH P. H. The principles and practice of numerical classification. **Numerical taxonomy**, v. 573, 1973.

- SOLLENBERGER, L. E. e DUBEUX, J. C. B. Warm-climate, legume-grass forage mixtures versus grass-only swards: An ecosystem services comparison. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, p. e20210198, 2022.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TANVEER A. et al. A review on genus Alternanthera weeds implications. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 19, n. 1, 2013.
- VRBNIČANIN, S. et al. Weed resistance to herbicides. **Herbicide resistance in weeds and crops**, p. 20-21, 2017.