

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

JOZÂNGELO FERNANDES DA CRUZ

**MANEJO AGRONÔMICO DA MALVA (*Urena lobata* L.) PARA
PRODUÇÃO DE FIBRA NO ESTADO DO AMAZONAS**

MANAUS

2025

JOZÂNGELO FERNANDES DA CRUZ

**MANEJO AGRONÔMICO DA MALVA (*Urena lobata* L.) PARA
PRODUÇÃO DE FIBRA NO ESTADO DO AMAZONAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia Tropical da Universidade Federal do
Amazonas, como requisito para obtenção do título de
Doutor em Agronomia Tropical.

Orientadora: Dra. Albejamere Pereira de Castro

MANAUS

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C957m Cruz, Jozângelo Fernandes da
Manejo agrônômico da malva (*Urena lobata* L.) para produção de fibra no estado do Amazonas / Jozângelo Fernandes da Cruz. - 2025.
96 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Albejamere Pereira de Castro.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, 2025.

1. Fibra liberiana. 2. Densidade de plantio. 3. Calagem. 4. Adubação fosfatada. 5. Produtividade. I. Castro, Albejamere Pereira de. II. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. III. Título

JOZÂNGELO FERNANDES DA CRUZ

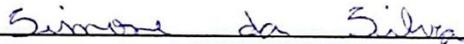
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical.

MANEJO AGRONÔMICO DA MALVA (*Urena lobata* L.) PARA PRODUÇÃO DE FIBRA NO ESTADO DO AMAZONAS

Aprovado em 28 de agosto de 2025.



Prof. Dra. Albejamere Pereira de Castro
Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UFAM
Presidente da Banca



Dra. Simone da Silva
Centro de Bionegócios da Amazônia – CBA



Prof. Dr. Lin Chau Ming
Programa de Pós graduação em Agronomia Tropical -PPGATR/FCA/UFAM



Prof. Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara
Faculdade de Ciências Agrárias-FCA/UFAM



Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo
Faculdade de Ciências Agrárias-FCA/UFAM

Em memória da minha avó Ana Fernandes da
Costa, dedico. Foi você quem deu o primeiro
passo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais João Ferreira da Cruz e Antônia Fernandes da Costa por toda e valiosa contribuição moral, ética, intelectual e financeira que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço aos meus filhos Ana Júlia e Filipe Emanuel e à minha esposa Celiana por me proporcionarem os momentos mais importantes da minha vida.

Agradeço à minha orientadora, a profa. Dra. Albejamere Pereira de Castro pela orientação e por todos os bons momentos que vivemos juntos durante esse tempo.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pelo excelente trabalho que desenvolvem no campo do ensino e da pesquisa. Em especial agradeço à profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, à profa. Aline Ellen Duarte de Sousa e ao prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima pela valiosa amizade.

Um agradecimento especial aos meus amigos Wildson Benedito Mendes Brito (O Wild), Alan Ferreira Leite Lima e Francisco Santos da Silva (O Chico) pela parceria e pelos bons momentos que convivemos.

Agradeço grandemente às equipes administrativa e técnica e ao pessoal de apoio da Fazenda Experimental (FAEXP/UFAM) pela execução das atividades de campo, sempre com prontidão e eficiência. Um agradecimento especial aos amigos Kleyver Fagundes de Oliveira e Agnaldo Barros Corrêa pela parceria e amizade.

Agradeço à toda equipe do Núcleo de Socioeconomia (NUSEC/UFAM) por ter me acolhido e cedido a estrutura de trabalho. Aos acadêmicos Ícaro Freitas, Rayanne Hafá e a doutoranda Tássia Michelle pela valiosa contribuição nos árduos dias de campo e à Dra. Lucinete Gomes pelas preciosas dicas, meu agradecimento especial.

Agradeço à FAPEAM pelo financiamento do projeto através do edital nº. 008/2021 – PROSPAM/FAPEAM, à CAPES pela bolsa, à coordenação do PPGATR pelo apoio logístico e financeiro e à UFAM por ter me concedido a oportunidade de cursar o programa de doutorado.

E a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente no processo de desenvolvimento deste trabalho, o meu mais sincero agradecimento.

Bate Malva

*Corta malva, corta malva
Deixa no Sol pra malva secar
Bate malva, bate malva
E põe na lagoa pra malva inchar*

*Lá no Norte onde eu morava
No interior do Pará
Os colonos plantam malva
Pra família sustentar
Pois é com dinheiro da malva
Que pagam escola pro filho estudar*

*Corta malva, corta malva
Deixa no Sol pra malva secar
Bate malva, bate malva
E põe na lagoa pra malva inchar*

*Quando está chegando outubro
Vou lhe contar como é
Vai pra dentro do roçado
Marido, filho e mulher
Porque tem que ganhar boa nota
Pra passar na cidade a Festa de Nazaré*

*Corta malva, corta malva
Deixa no Sol pra malva secar
Bate malva, bate malva
E põe na lagoa pra malva inchar*

RESUMO

A malva é a principal espécie produtora de fibra liberiana no Brasil. É tradicionalmente cultivada por agricultores familiares nas várzeas dos rios Amazonas e Solimões. A produção local reduziu drasticamente nos últimos 20 anos e atualmente supre menos de 30% da demanda nacional. A tecnificação do cultivo em área de várzea e a expansão da cultura para área de terra firme são alternativas que podem aumentar a produção no médio prazo. Esta tese teve como objetivo avaliar técnicas de manejo agrônomo na cultura da malva para produção de fibra em ambiente de várzea e terra firme no estado do Amazonas. Foram realizados três experimentos, sendo um na área de várzea do rio Solimões e dois em área de terra firme, na Fazenda Experimental da UFAM. Nesses ensaios foram avaliados espaçamentos de plantio, calagem e adubação fosfatada no cultivo da malva para produção de fibra. A malva responde positivamente ao adensamento de cultivo em espaçamento padronizado, com aumento da produtividade de fibra em função do aumento da densidade de plantio, tanto em várzea como na terra firme. Em condições de solo ácido, distrófico e deficiente em fósforo no Amazonas, a adubação fosfatada no plantio é essencial para o crescimento e desenvolvimento da malva em plantio adensado que, combinado com a calagem, potencializa a produtividade de matéria seca e fibra. Esta pesquisa apresenta resultados inéditos sobre características morfoagronômicas, produtividade de matéria seca, particionamento de biomassa e produtividade de fibra da malva em função do espaçamento de plantio, calagem e adubação.

Palavras-chave: Fibra liberiana. Espaçamento de plantio. Calagem. Adubação fosfatada. Produtividade.

ABSTRACT

Malva (Urena lobata L.) is the main species used for the production of bast fiber in Brazil. It is traditionally cultivated by smallholder farmers in the floodplains of the Amazon and Solimões Rivers. Over the past two decades, local production has declined sharply and currently supplies less than 30% of national demand. The adoption of improved cultivation techniques in floodplain areas and the expansion of malva farming to *terra firme* (non-flooded upland soils) are promising strategies to increase production in the medium term. This dissertation aimed to evaluate agronomic management practices for malva fiber production in both floodplain and *terra firme* environments in the state of Amazonas. Three fields experiments were conducted: one in the floodplain of the Solimões River and two in *terra firme* areas at the UFAM Experimental Farm. These trials investigated the effects of planting spacing, liming, and phosphorus fertilization in malva cultivation for fiber production. *Malva* responded positively to increased planting density under standardized spacing, with fiber productivity rising as plant density increased, both in floodplain and *terra firme* conditions. In acidic, dystrophic, and phosphorus-deficient soils typical of the Amazon region, phosphorus fertilization at sowing was essential for plant establishment and vegetative development under closely spaced planting. When combined with liming, it significantly enhanced aboveground biomass accumulation and fiber yield. This research presents novel insights into the morpho-agronomic traits, dry matter yield, biomass allocation, and fiber productivity of *malva* in response to planting spacing, liming, and fertilization.

Keywords: Bast fiber. Planting spacing. Liming. Phosphorus fertilization. Yield.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.	Localização da área experimental na várzea do Rio Solimões.....	20
Figura 2.	Precipitação e temperaturas mínimas (Tmin) e máxima (Tmax) do ar no período de novembro de 2022 a maio de 2023 no município de Iranduba, estado do Amazonas.....	21
Figura 3.	Fracionamento da planta malva (<i>Urena lobata</i> L.) em casca (esquerda), núcleo lenhoso e pecíolo (centro) e folhas (direita).....	24
Figura 4.	Características morfológicas da malva (<i>Urena lobata</i> L.) cultivada para produção de fibra em diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhida 160 dias após o transplântio.....	27
Figura 5.	Produtividade de matéria seca de malva (<i>Urena lobata</i> L.) em função de diferentes espaçamentos em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas aos 160 dias após o transplântio.....	30
Figura 6.	Alocação de biomassa seca de malva (<i>Urena lobata</i> L.) em função de diferentes espaçamentos em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas aos 160 dias após o transplântio.....	31
Figura 7.	Estande inicial e final de plantas, número e proporção de plantas dominadas em cultivo de malva (<i>Urena lobata</i> L.) sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas 160 dias após o transplântio.....	34

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.	Propriedades químicas e distribuição granulométrica na área de várzea, município de Iranduba, estado do Amazonas.....	22
Tabela 2.	Quadrados médios para as características morfológicas da malva (<i>Urena lobata</i> L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas.....	26
Tabela 3.	Quadrados médios para matéria seca de malva (<i>Urena lobata</i> L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas.....	29
Tabela 4.	Média de rendimento de matéria seca e fibra da malva (<i>Urena lobata</i> L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas.....	36

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Características morfológicas de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 150 e 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 52
- Figura 2.** Produtividade de matéria seca de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 150 e 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 55
- Figura 3.** Alocação de biomassa entre os componentes da parte aérea de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 57
- Figura 4.** Estande inicial, estande final, número de plantas dominadas (A) e porcentagem de plantas dominadas (B) de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Caracterização química e granulométrica do solo localizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM), Manaus, AM..... 47
- Tabela 2.** Análise de variância das características morfológicas e produtividade de biomassa de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 51
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para alocação de biomassa e rendimento de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 56
- Tabela 4.** Médias de rendimento de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 61

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Modelos de regressão múltipla para comprimento (A) e diâmetro do caule (B), quantidade de galhos (C) e índice de área foliar (D) da malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem e adubação fosfatada, cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 75
- Figura 2.** Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a altura da planta de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 76
- Figura 3.** Efeito da calagem sobre os teores de cálcio na folha (A), no solo (B), e produtividade de caule (C) e fibra (D) em função do teor de Ca na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 79
- Figura 4.** Efeito da calagem sobre os teores de magnésio na folha (A), no solo (B), e produtividade de caule (C) e fibra (D) em função do teor de Mg na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 80
- Figura 5.** Efeito da adubação fosfatada sobre os teores de fósforo na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 81
- Figura 6.** Modelos de regressão múltipla para massa seca da parte aérea, caule, casca e fibra de malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem e adubação fosfatada cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 82
- Figura 7.** Eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura para produção de fibra de malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem (A, B) e adubação fosfatada (C, D), cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Caracterização química e granulométrica do solo na camada de 0-20 cm de profundidade 70
- Tabela 2.** Análise de variância dos efeitos da calagem e adubação fosfatada sobre as características morfológicas, rendimento de matéria seca, teor de nutrientes na folha, eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura da malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 74
- Tabela 3.** Correlação entre os efeitos da calagem, adubação fosfatada e teores de Ca, Mg e P no solo e na folha com a matéria seca da parte aérea, caule, casca e fibra de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM..... 78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO 1 – ESPAÇAMENTO PARA PRODUÇÃO DE FIBRA DE MALVA (<i>Urena lobata</i> L.) EM ÁREA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAZONAS.....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Caracterização da área experimental e do solo.....	20
2.2 Desenho experimental e tratamentos.....	22
2.3 Condução do experimento.....	22
2.4 Avaliação do experimento.....	23
2.5 Análise estatística.....	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1 Características morfológicas.....	25
3.2 Produtividade de biomassa.....	29
3.3 Alocação de biomassa.....	30
3.4 Competição intraespecífica.....	32
3.5 Rendimento de matéria seca e fibra.....	35
4 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 2 - O ESPAÇAMENTO INFLUENCIA O RENDIMENTO DE FIBRA DE <i>Urena lobata</i> L. EM AMBIENTE DE TERRA FIRME NO AMAZONAS.....	43
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	44
1 INTRODUÇÃO.....	45
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1 Caracterização ambiental e desenho experimental.....	47
2.2 Instalação e condução do experimento.....	48
2.3 Avaliação do experimento.....	48
2.4 Análise estatística.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51

3.1 Características morfológicas	51
3.2 Produtividade de biomassa.....	54
3.3 Alocação de biomassa.....	54
3.4 Rendimento	58
4 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 3 – ADUBAÇÃO FOSFATADA AUMENTA POTENCIALMENTE O CRESCIMENTO E A PRODUTIVIDADE DE FIBRA DE <i>Urena lobata</i> L.EM LATOSSOLO P-DEFICIENTE NO AMAZONAS	
RESUMO	67
ABSTRACT	67
1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1 Caracterização ambiental	69
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	70
2.3 Condução do experimento.....	71
2.4 Avaliação do experimento.....	71
2.5 Análise estatística.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.1 Características morfológicas	73
3.2 Relação entre teores de Ca, Mg e P no solo e na folha e produtividade de matéria seca.....	77
3.3 Rendimento de matéria seca.....	81
3.4 Eficiência agrônômica e taxa de resposta da cultura.....	84
4 CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

A malva (*Urena lobata* L.) é uma planta arbustiva, de ciclo anual a perene, pertencente à família Malvaceae (ITIS, 2025; WFO, 2025). Não há consenso na literatura sobre a origem exata da espécie, mas alguns autores afirmam que provavelmente a espécie teve origem na Ásia e na África (N'Danikou; Achigan-Dako, 2012), enquanto outros afirmam que a Ásia é a região mais provável de origem (Austin, 1999; Brockett et al., 2024). Os sites Plants of the World Online (POWO, 2025) e o World Flora Online (WFO, 2025) indicam que a espécie é nativa das regiões tropicais e subtropicais, incluindo América Central, América do Sul, África e Ásia. É considerada uma planta daninha pantropical que se desenvolve vigorosamente numa ampla faixa de ambientes, invadindo áreas naturais, em regeneração, margem de estradas, cultivo de pastagens, canaviais e várias culturas anuais e perenes (Paynter, 2024; Wang et al., 2009).

Embora amplamente conhecida como erva daninha, a malva é uma planta liberiana que produz fibras resistentes e de excelentes propriedades tecnológicas que são utilizadas na indústria têxtil, como substituta da juta (*Corchorus capsularis*) para fabricação de fios e tecidos que são utilizados na fabricação de sacos, tapetes, cordas, linhas de rede de pesca e rede de caça, além de diversos produtos artesanais. Em alguns países da África, as flores, folhas jovens e brotos são consumidos como alimento. É também uma planta medicinal tradicionalmente utilizada por possuir atividades expectorante, emuliente, oxitócica, antibiótica, anti-inflamatória, antitérmica e antidiarreica. As pesquisas recentes identificaram dezenas de fitocompostos presentes nas folhas e raízes da malva que possuem múltiplas atividades biológicas e terapêuticas que comprovam seu uso medicinal, entre elas as atividades antioxidante, anti-inflamatória, analgésica, antimicrobiana, neurofarmacológica, citotóxica e anticâncer (Islam; Uddin, 2017; Keke et al., 2023; N'Danikou; Achigan-Dako, 2012; Purnomo; Tilaqza, 2022).

Os estudos recentes sobre as propriedades tecnológicas da fibra da malva destacam a sua qualidade superior, como alta resistência, boas propriedades de superfície, higroscópicas e térmicas e indicam que suas aplicações podem ir além do uso têxtil para produtos rústicos, podendo ser empregadas nas indústrias de construção, naval, automotiva, alimentos, bebidas, agricultura, médica, celulose, reciclagem e tecidos mistos. Com o avanço da pesquisa, constantemente são desenvolvidos novos produtos formulados a partir de fibras naturais que estão ganhando mercado em substituição aos fabricados com fibras sintéticas que usam recursos não renováveis e tem alto potencial poluidor, além de terem maior custo de produção. Essa tendência é direcionada em função da crescente conscientização ambiental do consumidor e das

empresas que buscam produtos de ciclos de vida mais sustentáveis. Esse cenário vem aumentando a demanda por fibras liberianas nas últimas décadas (Crini et al., 2020; Gonçalves et al., 2018; Kengoh et al., 2021; Sadrmanesh; Chen, 2018).

Atualmente, os estados do Amazonas e Pará são os únicos produtores de fibras liberianas no Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), no ano de 2023 a produção nacional foi de 3.097 toneladas de fibra liberiana, sendo 78% dessa quantidade no estado do Amazonas e 99% de fibra de malva. Essa quantidade representa menos de 30% da demanda nacional, ou seja, existe uma grande reserva de mercado que, se explorado, pode gerar empregos e riquezas para a região (CONAB, 2025).

No entanto, a cadeia produtiva de fibra na calha do rio Amazonas está em decadência. De acordo com dados do IBGE (2025), nos últimos 20 anos a produção anual reduziu de 20 mil para 3 mil toneladas e está em tendência decrescente. Entre os principais fatores responsáveis por essa decadência estão a sazonalidade do cultivo em função do regime das águas dos rios da região, o baixo investimento em tecnologia nos sistemas de cultivo, a escassez da mão de obra, problemas sociais relacionados ao processo de colheita e extração da fibra e a ausência de políticas econômicas eficientes. Apesar do baixo volume de produção atual, a atividade tem relevante importância econômica para mais de 15.000 famílias nos estados do Amazonas e Pará, além de ser uma cultura prioritária no Amazonas (Ferreira; Homma, 2023).

A reversão do quadro de declínio da cadeia de fibra na região não é uma tarefa fácil, pois depende da ação concomitante de várias políticas, como o desenvolvimento de planos de produção, programas de fomento adequados para os agricultores familiares envolvidos, a tecnificação do sistema de produção nas áreas de várzea, especialmente nas etapas de semeadura, colheita e extração de fibra e a expansão da cultura para áreas de terra firme. Essas duas últimas são ações de caráter técnico e dependem do desenvolvimento de pesquisas voltadas exclusivamente para criação de um sistema de produção.

As pesquisas com malva como planta liberiana não são recentes no Brasil. No final do século XIX e início do século XX, alavancada pela cadeia produtiva do café, a indústria nacional buscava opções para produzir uma fibra substituta da juta, que era demandada em grande quantidade e importada da Ásia. Nesse cenário, o pesquisador Augusto Carlos Silva Telles da Escola Politécnica de São Paulo realizou um ensaio com a malva e divulgou resultados promissores da planta com grande potencial de produção de fibra. Novos estudos com a malva foram realizados e seu potencial foi evidenciado, mas não se conseguiu instalar um sistema de produção nos estados do sudeste do Brasil. A partir da década dos anos de 1950 a malva passou a ser explorada para extração da fibra no estado do Pará a partir do extrativismo em áreas de

ocorrência natural e aos poucos essas áreas foram substituídas por cultivos com apoio técnico do Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte (IPEAN). Mas somente em 1971 se iniciou o cultivo da malva nas áreas de várzea no estado do Amazonas. Os produtores da região logo perceberam as vantagens do cultivo da malva em relação a juta e passaram substituir gradualmente suas áreas de produção (Albuquerque; Soares, 1968; Azzini et al., 1993; Ferreira; Homma, 2023).

Nas décadas dos anos 1980 e 1990, sob demanda das indústrias têxteis, os pesquisadores do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU) da Embrapa (atual Embrapa Amazônia Oriental) desenvolveram várias pesquisas objetivando a produção de sementes e melhoramento genético da malva para fibra, gerando duas variedades denominadas BR-01 e BR-02, material que se perdeu devido a descontinuidade do programa de pesquisa (Figueiredo; Popinigis, 1979; Silva; Correa; Mota, 1992).

Concomitantemente, pesquisadores na América Central, Ásia e África também buscavam desenvolver técnicas voltadas para o cultivo da malva para produção de fibra. Os dois estudos mais acessíveis e que estão disponíveis para consulta são os Crane e Acuna (1945) que realizaram um experimento clássico com densidade de semeadura e espaçamento em Cuba e Harris (1986) que avaliou seis espaçamentos de plantio objetivando a colheita de fibra e sementes em ambiente de terras altas em Serra Leoa. A partir de então, não foram publicadas novas pesquisas relacionadas ao cultivo da malva para produção de fibra.

Nos últimos 20 anos, pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas realizaram pesquisas voltadas para o melhoramento genético da planta, produção de sementes e desenvolvimento de máquinas para extração da fibra. Entre os principais trabalhos desenvolvidos pode-se destacar o de Freitas et al. (2022) que testaram níveis de adubação orgânica para produção de sementes. Gomes et al. (2019) fixaram 14 descritores agronômicos a partir de acessos obtidos na região dos municípios mais produtores do estado Amazonas. Bentes et al. (2017) analisaram a influência do espaçamento e do estande na produção de sementes de malva em área de terra firme. Souza (2012) analisou o uso de máquinas de desfibramento.

No entanto, a descontinuidade das pesquisas visando o manejo agronômico da cultura da malva para produção de fibra em áreas de terra firme deixou uma lacuna de conhecimento que impede que as ações de expansão da cultura para essas áreas sejam realizadas com segurança. Informações sobre melhoramento genético, espaçamento, densidade de plantio, calagem, adubação, época e forma de colheita, que são fundamentais para desenvolver um sistema de plantio, não estão disponíveis para a cultura da malva.

Entre essas práticas de manejo, o espaçamento, a densidade de plantio, a calagem e a adubação são fatores que impactam significativamente no rendimento das culturas e que precisam ser regionalizadas devido à grande variação das condições de clima e principalmente de solo de cada região. A densidade de plantio e o arranjo espacial alteram a morfologia da planta e produtividade de biomassa e afetam o rendimento e a qualidade da fibra (Amaducci et al., 2008; Linder et al., 2022; Livingstone et al., 2022; Mukul et al., 2020).

O manejo nutricional das culturas liberianas também é fundamental para a obtenção de uma boa produtividade de biomassa e fibra. As recomendações variam de acordo com as condições edafoclimáticas do estudo, mas todas as pesquisas indicam que o suprimento de nutrientes via adubação é indispensável para melhorar o rendimento de fibra (Debnath et al., 2020; Deng et al., 2019; Meghana et al., 2024; Mgozeli et al., 2022; Vera et al., 2010).

No estado do Amazonas, o cultivo da malva para produção de fibra é feito exclusivamente em áreas de várzea, alcançando produtividade de fibra superior a 3 t ha⁻¹, de acordo com as estimativas dos produtores. Nessas áreas, o bom desempenho da malva, mesmo cultivada artesanalmente, está relacionada às ótimas condições de cultivo, pois os solos são de alta fertilidade, contêm argilominerais de alta atividade e possuem altos teores de cálcio e magnésios trocáveis, além dos altos índices pluviométricos e altas temperaturas médias que ocorrem durante o ciclo de cultivo na várzea (Lima et al., 2006). Nessas condições, o aperfeiçoamento do sistema de produção, com uso de técnicas de manejo agrônomo como a adequada densidade de plantio pode melhorar o rendimento e a qualidade da fibra produzida com impacto direto e imediato na renda dos produtores familiares.

Por outro lado, os solos de terra firme da Amazônia são muito intemperizados, ácidos, com altos teores de Al e Fe e pobres em Ca, Mg, K e P disponível (Moreira; Fageria, 2009; Silva et al., 2021). A mineralogia desses solos também condiciona um quadro de deficiência natural de fósforo, que se torna o principal nutriente limitante para a agricultura nessas terras (Fageria; Beligar, 2008). No sistema de produção em solos de terra firme, além da densidade de plantio, a correção da fertilidade do solo são fatores primordiais que precisam ser estudados.

Esta tese foi desenvolvida com base na problemática que aborda se o manejo agrônomo com uso das técnicas de espaçamento de plantio, calagem e adubação fosfatada influenciam significativamente na produção de fibra de malva em ambientes de várzea e terra firme. Para isso foram formuladas três hipóteses de pesquisa: 1) O espaçamento de plantio melhora a produtividade de fibra de malva em áreas de várzea; 2) O espaçamento de plantio influencia o desempenho agrônomo da malva em área de terra firme; 3) A cultura da malva responde às práticas de calagem e adubação fosfatada em área de terra firme.

Fundamentados nas hipóteses foram realizados três experimentos com a cultura da malva em áreas de várzea e terra firme no estado do Amazonas, em que foram estudados espaçamentos de plantio, calagem e adubação fosfatada. Esses três experimentos resultaram nos três capítulos que compõem esta tese.

O capítulo 1 é composto por um experimento realizado com o objetivo de testar seis espaçamentos com diferentes densidades de plantio em uma área de várzea do rio Solimões. O capítulo 2 é composto de um experimento com avaliação de dez espaçamentos de plantio em uma área de Latossolo Vermelho Amarelo em Manaus, AM. O capítulo 3 é constituído de um experimento realizado em Latossolo deficiente em fósforo em que foram avaliados níveis de calagem e adubação fosfatada na cultura da malva.

Os resultados obtidos nos três experimentos são inéditos na literatura e trazem informações preciosas sobre as características morfoagronômicas, relações alométricas, produtividade e rendimento de biomassa e fibra em função do espaçamento de plantio, calagem e adubação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar técnicas de manejo agrônomo na cultura da malva para produção de fibra em ambientes de várzea e terra firme no estado do Amazonas.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Avaliar o espaçamento de plantio para a produção de fibra de malva em uma área de várzea no estado do Amazonas.
- 2) Avaliar o espaçamento de plantio e época de colheita da malva para produção de fibra em área de terra firme no estado do Amazonas.
- 3) Avaliar os efeitos da calagem e do fornecimento de fósforo na adubação de plantio sobre a produção de matéria seca e fibra de malva num Latossolo Vermelho Amarelo no estado do Amazonas.

CAPÍTULO 1 – ESPAÇAMENTO PARA PRODUÇÃO DE FIBRA DE MALVA (*Urena lobata* L.) EM ÁREA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAZONAS

RESUMO

A malva é a principal espécie liberiana cultivada no Brasil, com sua produção concentrada no estado do Amazonas, gerando renda para mais de 3 mil famílias de produtores nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas. Sua produção é completamente artesanal, com baixo investimento de recursos tecnológicos. Este trabalho teve por objetivo avaliar o espaçamento de plantio da malva para produção de fibra nas áreas de várzeas do estado do Amazonas. Foram testados seis espaçamentos de plantio de malva para produção de fibra numa área de várzea do rio Solimões. Foram avaliadas as características morfoagronômicas, alocação de biomassa e produtividade de matéria seca da parte aérea e de fibra. Os espaçamentos menos adensados 25x25 cm e 25x20 cm produziram plantas com maior volume da parte aérea, mas não influenciaram a produtividade de casca e nem de fibra seca. Os espaçamentos testados também não alteraram as relações alométricas da cultura. A proporção de plantas dominadas foi menor nos espaçamentos menos adensados, mas os rendimentos de matéria seca e fibra foram maiores no espaçamento 15x15 cm, com estande inicial de 44 plantas m⁻². O rendimento de fibra obtido nesse trabalho foi superior às médias registradas para a cultura, indicando que o plantio sistematizado no espaçamento 15x15 cm é vantajoso para o cultivo nas condições edafoclimáticas deste trabalho.

Palavras-chave: Densidade de plantio. Características morfológicas. Biomassa. Produtividade de fibra.

SPACING FOR MALVA FIBER PRODUCTION (*Urena lobata* L.) IN A FLOODPLAIN AREA IN AMAZONAS

ABSTRACT

Malva is the main liberian species cultivated in Brazil, with production concentrated in the state of Amazonas, where it supports over 3,000 farming families along the floodplains of the Solimões and Amazonas Rivers. Cultivation remains entirely artisanal, with minimal technological input. This study aimed to evaluate optimal planting spacing for fiber production in the floodplain areas of Amazonas. Six spacings were tested along the Solimões River. We evaluated morpho-agronomic characteristics, biomass allocation, and the dry matter productivity of both aboveground biomass and fiber. Less dense spacings (25x25 cm and 25x20 cm) produced plants with greater aboveground volume but did not improve bark or dry fiber yield. The tested spacings also had no effect on allometric relationships. The proportion of dominated plants was lower in the less dense spacings, but the highest dry matter and fiber yields were observed in the 15x15 cm spacing, corresponding to an initial density of 43 plants m⁻². Fiber yield under this spacing exceeded the average yields recorded for the crop, indicating that systematic planting at the 15x15 cm spacing is advantageous under the edaphoclimatic conditions of the study area.

Index terms: Planting density. Morphological characteristics. Biomass. Fiber yield.

1 INTRODUÇÃO

Malva (*Urena lobata* L.) é uma planta arbustiva da família Malvaceae com um ciclo de vida anual a perene (ITIS, 2025). Esta espécie é conhecida por sua produção de fibra liberiana e também tem usos medicinais reconhecidos. Pesquisas extensivas identificaram uma riqueza de fitocompostos na malva com diversas atividades biológicas e terapêuticas (Keke et al., 2023). A malva produz fibras longas e fortes usadas como matéria-prima na indústria têxtil para a produção de fios, tecidos, bolsas, cordas, tapetes e artesanatos (Nascimento et al., 2018). Historicamente, a fibra de malva tem sido negligenciada e confinada à fabricação têxtil tradicional. No entanto, a crescente pesquisa sobre suas propriedades físicas e mecânicas tem atraído interesse significativo em suas potenciais aplicações.

Estudos mostram que a fibra de malva pode reforçar compósitos de matriz polimérica (Kengoh et al., 2021; Njoku et al., 2020), compósitos cimentícios (Lima et al., 2023) e fios mistos (Hasan et al., 2023). Também pode substituir a fibra de vidro em algumas aplicações (Sumaila; Ibadode, 2013). Além disso, a malva pode ser processada para produzir celulose para papel (Rahman et al., 2024), materiais de isolamento térmico (Ghabo et al., 2024) e nanocristais de celulose, usados nas indústrias farmacêutica e alimentícia, e servindo como matriz de suporte para catalisadores (Mathias et al., 2022), entre outras aplicações.

O cultivo comercial de malva para fibra começou no Amazonas em 1971. Inicialmente, os agricultores plantavam malva junto com a juta (*Corchorus capsularis*), mas a malva rapidamente se tornou a cultura preferida devido à sua maior produtividade e extração de fibra mais fácil (Ferreira; Homma, 2023). Em 2023, o Brasil produziu 2.297 toneladas de fibras liberianas, 98% das quais (2.252 toneladas) vieram da malva e apenas 2% (45 toneladas) da juta. O estado do Amazonas foi o principal produtor, respondendo por 70% da produção total (IBGE, 2023). Apesar dessa longa história, a cadeia de produção da fibra de malva não mudou. Os agricultores ainda fazem a semeadura, colhem as plantas e extraem a fibra manualmente.

A densidade de plantio afeta a morfologia das plantas, particularmente o comprimento, o diâmetro e a ramificação do caule. O plantio em alta densidade resulta em plantas mais baixas, com caules mais finos, entrenós mais longos (Livingstone et al., 2022) e menos ramos. Essas características melhoram a qualidade da fibra e simplificam a colheita e o processamento (Amaducci et al., 2015). Por outro lado, baixas densidades de plantio promovem plantas mais altas, com caules mais grossos e maior crescimento dos ramos, levando à formação de fibras secundárias que reduzem a qualidade tecnológica da fibra colhida (Harris, 1986; van der Werf et al., 1994).

O espaçamento e a densidade de plantio são fatores agrônômicos importantes que afetam o rendimento e a qualidade da fibra das plantas liberianas. No entanto, poucos estudos abordaram o manejo agrônômico da malva para a produção de fibra. A literatura recente carece de informações sobre práticas de cultivo como espaçamento, densidade de plantio e adubação, particularmente em solos de várzea. Este estudo fornece os primeiros dados sobre como o espaçamento de plantio influencia as características morfológicas e agrônômicas da malva em plantio adensado objetivando a produção de fibra. Os achados neste trabalho podem ajudar a melhorar a produtividade da fibra e servir como referência para estudos futuros. O objetivo deste estudo foi avaliar o espaçamento de plantio para a produção de fibra de malva em uma área de várzea no estado do Amazonas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental e do solo

O experimento foi realizado em uma área de várzea alta do Rio Solimões, no ramal de Jandira, localizado na comunidade de Caldeirão, em Iranduba, estado do Amazonas. A área de estudo é mostrada na Figura 1.

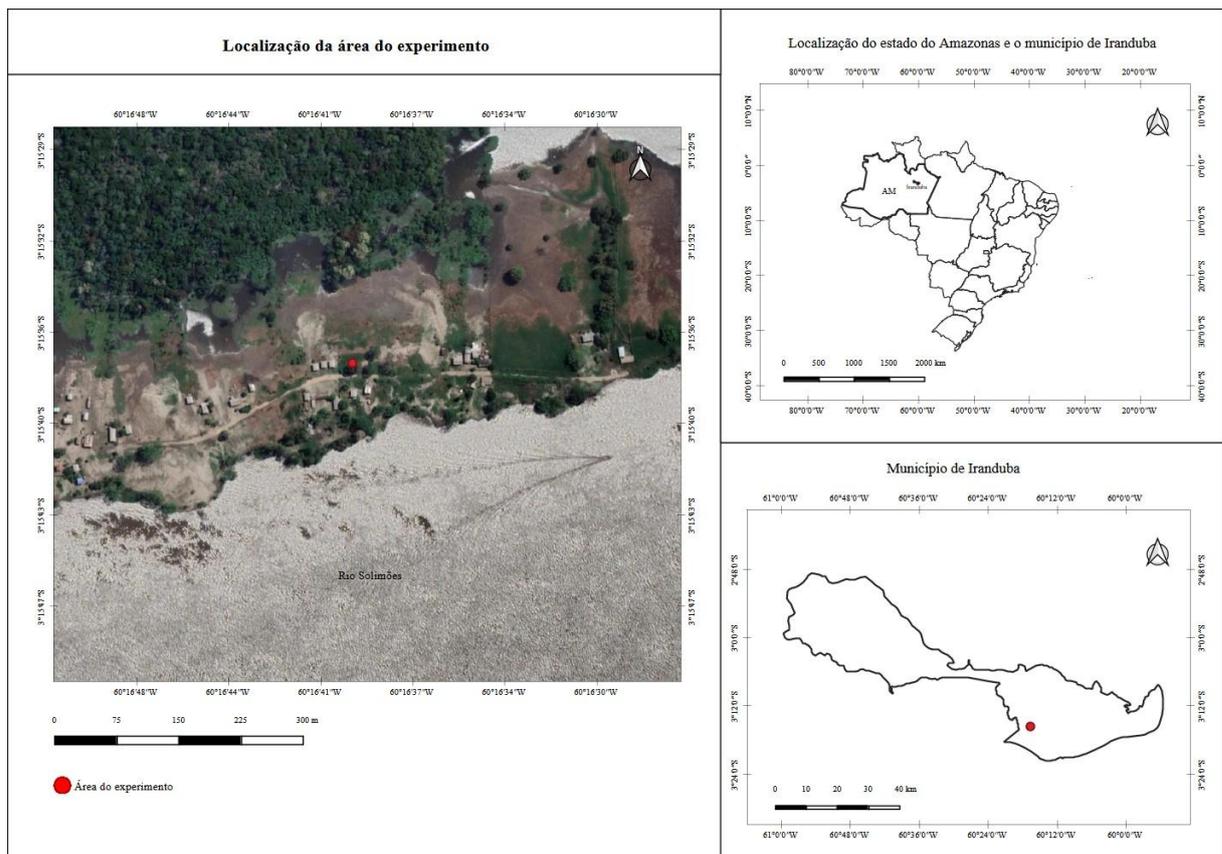


Figura 1. Localização da área experimental na várzea do Rio Solimões. O ponto vermelho marca o local onde o experimento foi conduzido.

O clima regional é classificado como floresta tropical úmida (tipo Af) de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de aproximadamente 26,4 °C, enquanto a precipitação média anual é de cerca de 3.001 mm (Agritempo, 2024). O relevo local é plano, típico de áreas de várzea. Durante o experimento, a precipitação totalizou 2.500 mm e a temperatura média do ar foi de 27,5 °C (Figura 2).

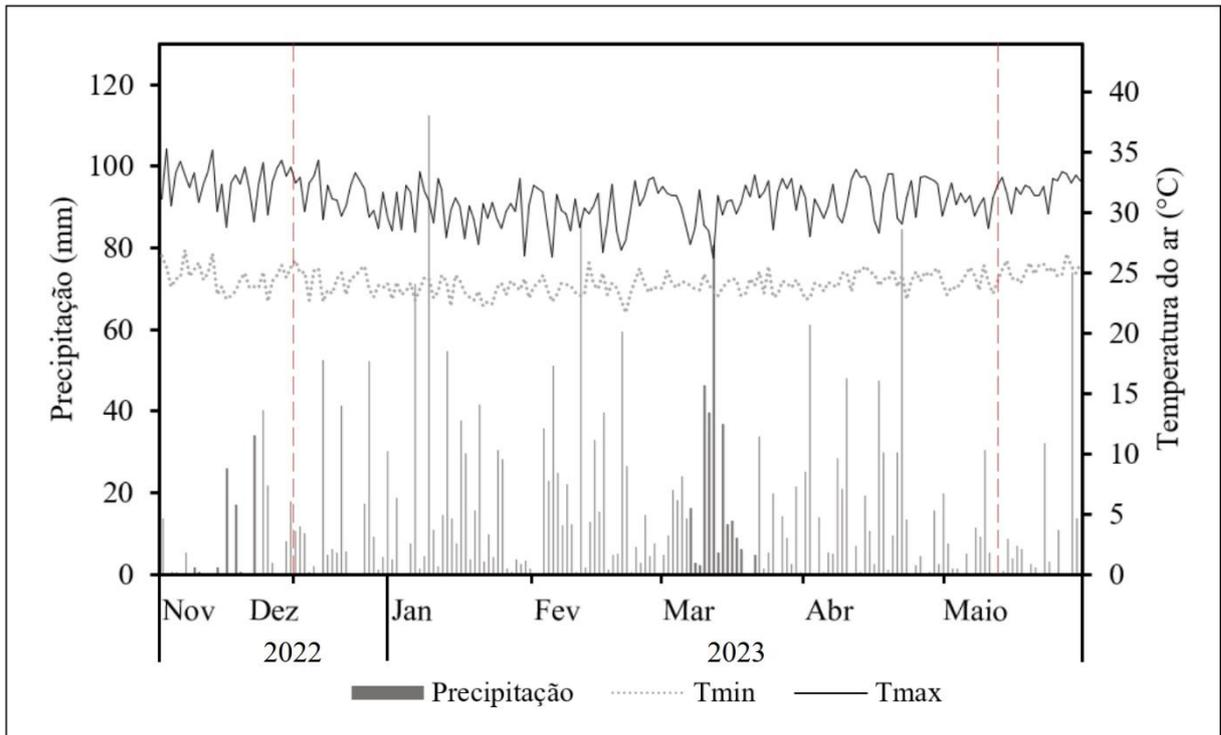


Figura 2. Precipitação e temperaturas mínimas (Tmin) e máxima (Tmax) do ar no período de novembro de 2022 a maio de 2023 no município de Iranduba, estado do Amazonas. O período entre as duas linhas vermelhas pontilhadas marca os 160 dias de cultivo durante o experimento. Fonte: Dados da estação TRMM.9346, Agritempo (2024).

Uma amostra composta de solo foi coletada da camada de 0-20 cm da área experimental para análises químicas e granulométricas. O solo local apresenta textura siltosa, alta acidez e alta fertilidade. Apresenta também concentrações de bases trocáveis de boas a excelentes e níveis elevados de fósforo e boro (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades químicas e distribuição granulométrica do solo na área de várzea, município de Iranduba, estado do Amazonas

pH	P	K ⁺	B	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	T	V	MO	Argila	Silte	Areia
CaCl ₂	mg dm ⁻³			----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----		%	----- g kg ⁻¹ -----			
4,2	53	60	2,3	8,2	2,0	2,0	7,9	18,4	56,9	14	250	680	70

pH em CaCl₂; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extraídos por KCl; H+Al: extraído por acetato de cálcio; P e K: extraídos por Mehlich-1; MO: matéria orgânica, determinada por colorimetria; V: porcentagem de saturação por bases; B: extração com água quente.

2.2 Desenho experimental e tratamentos

O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados, com seis espaçamentos de plantio para produção de fibra de malva: 15x15 cm (S1), 20x15 cm (S2), 20x20 cm (S3), 25x15 cm (S4), 25x20 cm (S5) e 25x25 cm (S6). Foi utilizada uma planta por cova e cada tratamento teve quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada parcela abrangeu uma área de 4 m² (2x2 m).

2.3 Condução do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2022. Para preparar a área de cultivo, todas as ervas daninhas e a vegetação existente foram removidas manualmente do local de plantio. As mudas foram cultivadas em bandejas de isopor com volume da célula de 24 cm³. As mudas foram transplantadas para seus locais definitivos 15 dias após a semeadura, quando atingiram aproximadamente 10 cm de altura e dois pares de folhas verdadeiras. Foram utilizados gabaritos de madeira para garantir o alinhamento correto das fileiras de acordo com os espaçamentos definidos.

Mudas foram utilizadas neste experimento devido à germinação desigual comumente observada na cultura da malva. Para quebrar a dormência, as sementes foram imersas em água a 80 °C por dois minutos, seguindo as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). A semeadura direta foi avaliada em um experimento preliminar que resultou em germinação irregular e desenvolvimento desigual das plântulas. Essa variação afeta o tamanho da planta e pode interferir nas avaliações de espaçamento e população de plantas. Em particular, aumenta a competição intraespecífica e pode mascarar os efeitos dos tratamentos, aumentando, em última análise, o erro experimental.

O experimento foi monitorado durante todo o período de crescimento, com avaliações realizadas a cada 15 dias. A capina foi realizada durante o estabelecimento da cultura, 30 dias

após o transplante. Também foi realizado o monitoramento da herbivoria por insetos que ocorria em níveis baixos ao longo do ciclo da cultura, o que não exigiu nenhuma intervenção.

2.4 Avaliação do experimento

Para avaliar as variáveis morfológicas, relações alométricas, produtividade e rendimento de biomassa e fibra acima do solo, foram colhidas 10 plantas das duas fileiras centrais de cada parcela, deixando pelo menos 50 cm de bordadura. As plantas foram cortadas rente ao solo com tesoura de poda e cuidadosamente removidas do local de plantio para preservar a integridade e o turgor foliar. A colheita ocorreu 160 dias após o transplante, em maio de 2023. Embora inicialmente programada para 180 dias após o transplante, a colheita foi antecipada devido à elevação do nível das águas do Rio Solimões. Essa decisão emergencial foi tomada porque o nível das águas havia atingido alguns metros da área de plantio e era esperado que subisse ainda mais nos dias seguintes.

As variáveis morfológicas analisadas foram a altura da planta (AP) e o diâmetro do caule (DC) das 10 plantas colhidas. A AP foi aferida a partir do nível do solo até a inserção da última folha com o auxílio de fita métrica graduada em cm. O DC foi determinado por meio de três medições: a 5 cm acima da superfície do solo, no ponto médio do caule e no ponto de inserção da última folha, utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

Para avaliar a biomassa acima do solo e as relações alométricas, cinco plantas foram selecionadas e separadas em diferentes componentes: casca (córtex e epiderme), núcleo lenhoso, pecíolos e folhas (Figura 3). A casca foi removida do caule principal, da base ao ápice, e registrada como biomassa de casca. O núcleo lenhoso refere-se ao caule sem casca. Todas as folhas foram consideradas, incluindo as apicais, que foram umedecidas, colocadas em sacos plásticos selados e armazenadas em caixa térmica com gelo antes de serem transferidas para a geladeira.

Todas as folhas foram escaneadas e colocadas em sacos de papel. As amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas e, em seguida, pesadas em balança de precisão (0,01 g). A biomassa da parte aérea foi dividida nos seguintes componentes: massa seca da folha (MSF); massa seca do caule (MSC), calculada como a soma das massas secas do núcleo lenhoso, casca e pecíolo; massa seca da casca (MSCa), composta apenas por tecidos da casca (epiderme e córtex); e massa seca do núcleo lenhoso (MSNL), referente ao caule sem casca.



Figura 3. Fracionamento da plantamalva (*Urena lobata* L.) em casca (esquerda), núcleo lenhoso e pecíolo (centro) e folhas (direita)

A área foliar foi medida por meio do escaneamento das folhas a 150 ppi e a análise das imagens realizadas com o software ImageJ[®] para obtenção da área de cada folha. A área foliar média (AF) foi calculada dividindo-se a área foliar total pelo número de plantas amostradas. O índice de área foliar (IAF) foi determinado como a razão entre a AF média e a área de solo ocupada por cada planta, considerando o espaçamento de cada tratamento (Duarte; Duarte, 2023). Para a malva, essa área foi calculada multiplicando-se o espaçamento entre linhas pelo espaçamento entre plantas.

Com base nos dados de matéria seca, foram calculadas as seguintes relações de alocação de biomassa: a) razão caule e parte aérea (RCPA): massa seca da fração do caule (MSC) dividido pela massa seca da parte aérea (MSPA) (g g^{-1}); b) razão núcleo lenhoso e caule (RNLC): massa seca do núcleo lenhoso (MSNL) dividido pela massa seca do caule (MSC) (g g^{-1}); c) razão casca e caule (RCaC): matéria seca da casca (MSCa) dividido pela matéria seca do caule (MSC) (g g^{-1}); d) razão fibra e caule: matéria seca da fibra (MSFi) dividido pela matéria seca do caule (MSC) (g g^{-1}); e) Razão fibra casca (RFiCa): matéria seca da fibra (MSFi) dividido pela matéria seca da casca (MSCa) (g g^{-1}); f) índice de colheita (IC): matéria seca da fibra (MSFi) dividido pela matéria seca da parte aérea (MSPA) (g g^{-1}).

Cinco plantas foram utilizadas para avaliar a produtividade de fibras. Os caules, após retirados as folhas e galhos, foram agrupados, etiquetados e submersos em água de várzea a uma profundidade de aproximadamente 50 cm por sete dias. Esse período permitiu a maceração biológica dos tecidos do córtex e a liberação das fibras liberianas. Posteriormente, as fibras foram lavadas no local e secadas ao ar livre. A extração seguiu práticas tradicionais e foi

auxiliada por um produtor local experiente. As fibras, ainda contendo umidade ambiente, foram pesadas antes de serem secadas em uma estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, as fibras foram pesadas novamente para determinar a MSFi.

Os rendimentos de matéria seca e fibra foram corrigidos de acordo com o estande final e calculados com base no peso da massa seca. Para determinar o estande final, as plantas dominadas foram excluídas. Neste estudo, uma planta dominada foi definida como aquela com altura e diâmetro do caule pelo menos 50% menores que a média da parcela. Essas plantas normalmente crescem sob o dossel, são sombreadas e desenvolvem caules finos e alongados com folhas menores e em menor número. As estimativas de rendimento (kg ha^{-1}) foram calculadas multiplicando-se a produtividade média por planta (g planta^{-1}) pelo número de plantas no estande final. A fibra comercial foi definida como fibra seca ao sol com teor de umidade ajustado para 13,5%, seguindo a Portaria nº 150/1982 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1982).

Para calcular o material orgânico acumulada acima do solo durante o ciclo de cultivo (produção de liteira – PL), toda a biomassa vegetal, incluindo folhas, pecíolos e galhos, foi coletada de uma área de 0,25 m² (50 x 50 cm). Um gabarito de madeira nessa dimensão foi construído e posicionado no centro de cada parcela. Toda a biomassa dentro desse gabarito foi coletada, acondicionada em um saco de papel, etiquetada e secada em estufa a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas.

2.5 Análise estatística

Neste estudo, os tratamentos (espaçamentos de plantio) foram considerados variáveis qualitativas. Os dados foram analisados usando o teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) para avaliar a normalidade dos resíduos e o teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$) para verificar a homogeneidade das variâncias. Após a confirmação dessas suposições, foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste F ($p < 0,05$). As médias dos tratamentos foram agrupadas usando o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas, incluindo ANOVA, comparação de médias e regressão, foram realizadas no RStudio usando o pacote ExpDes.pt (Ferreira; Cavalcante; Nogueira, 2021) e o pacote pacman (Rinker; Kurkiewicz, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características morfológicas

O espaçamento entre plantas influenciou significativamente ($p < 0,05$) no diâmetro basal do caule, no número de galhos e na área foliar média. No entanto, não influenciou a altura da

planta, o diâmetro médio do caule ou o índice de área foliar (Tabela 2). Os maiores valores para diâmetro basal do caule, número de galhos e área foliar foram observados nos espaçamentos S5 e S6, que apresentaram menores densidades de plantio (Figura 4). Nesses espaçamentos, as plantas desenvolveram maior volume acima do solo, característica desejável para a produção de sementes. No entanto, essa característica pode ser desfavorável à produção de fibras devido ao maior diâmetro basal do caule e ao maior número de galhos (Amaducci et al., 2015).

Tabela 2. Quadrados médios para as características morfológicas da malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas

Fonte de variação	Quadrados Médios						
	AP	DBC	DMC	NG	NF	AF	IAF
Espaçamento	357,22 ^{ns}	4,56*	2,39 ^{ns}	4,65*	314,3*	2022351**	8,38 ^{ns}
Bloco	1444,76 ^{ns}	3,35 ^{ns}	4,47*	4,15 ^{ns}	244,34 ^{ns}	180701 ^{ns}	1,78
Resíduo	810,15	1,31	0,94	1,4	96,83	402519	3,35
Média	301,28	15,8	11,52	3,88	44,05	2.804,02	7,26
C.V.(%)	9,45	7,24	8,41	30,94	22,34	22,63	25,2

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo; C.V. = coeficiente de variação; AP = altura da planta (cm); DBC= diâmetro basal do caule (mm); DMC= diâmetro médio do caule (mm); NG= número de galhos (galhos planta⁻¹); AF= área foliar (cm² planta⁻¹); IAF= índice de área foliar.

Em um estudo clássico sobre malva, Harris (1986) relatou que a altura da planta variou com diferentes espaçamentos de plantio. Densidades menores, como 100x100 cm e 50x50 cm, resultaram em plantas maiores, com maior diâmetro do caule basal e maior proporção de galhos. Em contraste, em densidades de plantio mais altas (25x15 cm, 25x10 cm e 25x5 cm), a altura da planta, o diâmetro do caule e a porcentagem de galhos diminuíram com a redução do espaçamento entre as plantas. Tendências semelhantes foram observadas nessa pesquisa (Tabela 2).

A altura média da planta aos 160 dias após o transplantio variou de 305,68 cm a 285,13 cm, sem diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4A). O intervalo de espaçamento avaliado neste estudo pode ter sido suficiente para manter a dominância apical na malva, resultando em plantas com altura mais uniforme. No entanto, o número de galhos foi maior em S6 (Figura 4D). Nos espaçamentos S1 a S5, o menor número de galhos em comparação com S6 indica dominância apical mais forte em densidades de plantio mais baixas. Cho et al. (2015)

relataram um efeito semelhante em *Crotalaria juncea* L., na qual foi observada uma relação inversa entre a taxa de semeadura e a ramificação da parte aérea.

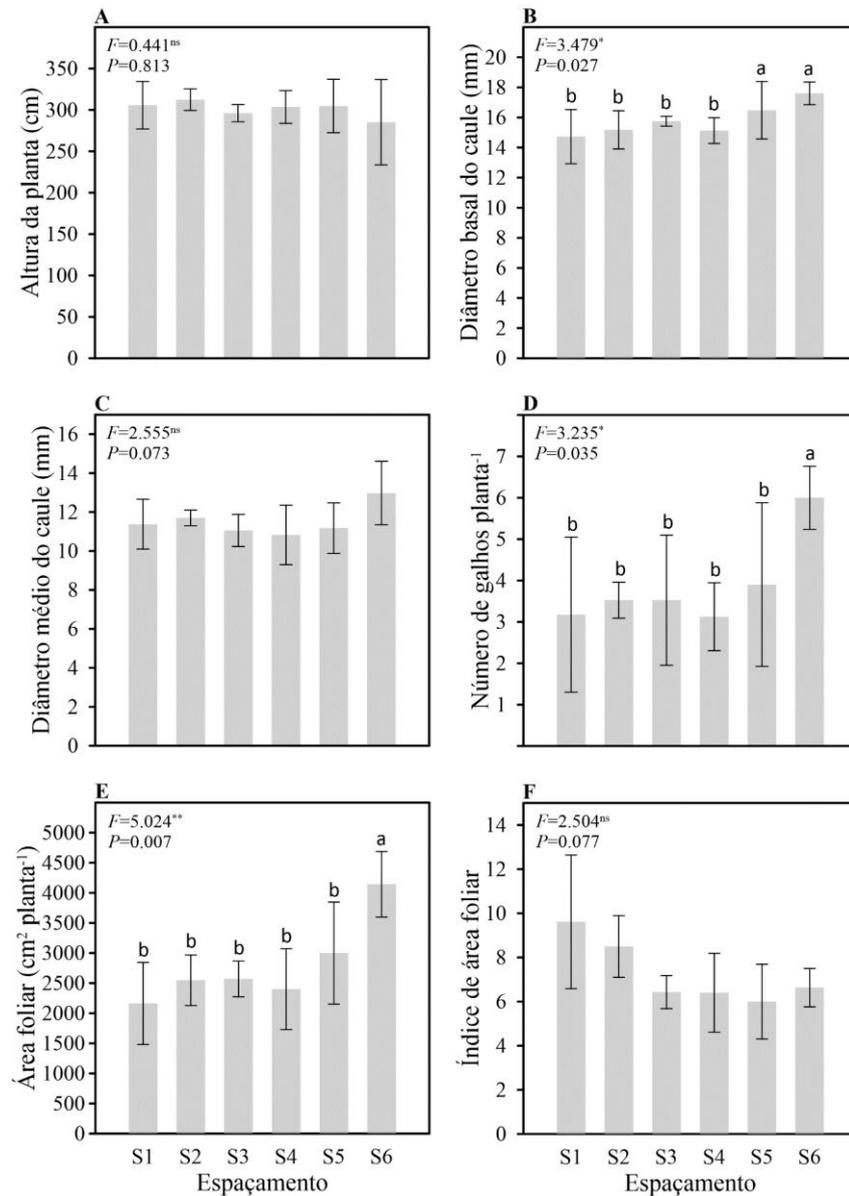


Figura 4. Características morfológicas da malva (*Urena lobata* L.) cultivada para produção de fibra em diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Irlanduba, AM, colhida 160 dias após o transplantio. Médias seguidas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$). *significativo a 5%; **significativo a 1%; ^{ns}não significativo

O diâmetro basal do caule foi maior nos espaçamentos S5 e S6, com média de 16,48 e 17,6 mm, respectivamente (Figura 4B). No entanto, o diâmetro médio do caule foi estatisticamente semelhante em todos os espaçamentos ($p<0,05$), sugerindo que as diferenças no diâmetro foram encontradas principalmente na base do caule. Esse aumento no diâmetro

basal do caule pode resultar de forças biomecânicas exercidas pela parte aérea, que induzem a formação de fibras secundárias. O desenvolvimento dessas fibras engrossa o caule, aumentando a resistência das plantas ao acamamento (Mokshina et al., 2018; Schäfer; Honermeier, 2006; Westerhuis et al., 2019). Consequentemente, plantas com maior biomassa acima do solo tendem a ter um diâmetro basal do caule maior.

A altura da planta e o diâmetro do caule são determinados principalmente pelo genótipo, mas também são influenciados pelas condições ambientais e práticas agrônômicas, como a densidade de plantio (Silva et al., 1980; Zvicevičius et al., 2024). Entre essas práticas, a densidade de plantio tem um impacto significativo na altura e no diâmetro do caule, que geralmente diminuem à medida que a densidade de plantio aumenta, até um limite. Além desse ponto, novos aumentos na densidade podem intensificar o sombreamento e o autodesbaste, levando a perdas de rendimento em vez de ganhos (Amaducci; Errani; Venturi, 2002; Amaducci et al., 2008; Yazici, 2023). Em culturas de fibra liberiana, o espaçamento adequado é essencial para produzir plantas com caules longos e delgados, maior comprimento internodal e uma estrutura uniforme e sem ramificação. Essa configuração melhora a qualidade da fibra e facilita a colheita e o processamento (Azzini et al., 1993; Livingstone et al., 2022).

A área foliar foi maior no espaçamento S6, atingindo 4.143,6 cm². Os demais tratamentos apresentaram médias estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$) (Figura 4E). No entanto, o índice de área foliar permaneceu consistente em todos os espaçamentos, com uma média geral de 7,26 (Figura 4F). Isso indica que as plantas ajustaram a produção foliar em resposta ao espaçamento, equilibrando efetivamente as diferenças entre os tratamentos. Todos os espaçamentos se mostraram eficazes para a formação do dossel, e nenhum controle de ervas daninhas foi necessário após o estabelecimento da cultura, que ocorreu 30 dias após o transplantio. Cho et al. (2015) observaram que o índice de área foliar tende a aumentar com maiores taxas de semeadura em *C. juncea*, reduzindo a pressão de ervas daninhas provavelmente devido à menor radiação fotossinteticamente ativa que atinge a superfície do solo sob o dossel. Em comparação com outras espécies liberianas, o índice de área foliar observado para malva neste trabalho é semelhante ao relatado por Blandinières et al. (2023) para o cânhamo (5,97) e El-Kady e Abd El-Fatah (2009) para a juta (6,41 a 10,55).

Atualmente, há informações limitadas na literatura sobre os efeitos do espaçamento de plantio na área foliar e no índice de área foliar da malva. Essa pesquisa relata pela primeira vez na literatura dados sobre IAF para cultura da malva. Os achados são inéditos e oferecem dados comparativos valiosos para pesquisas futuras. Além disso, como a cultura foi cultivada em condições favoráveis (solo altamente fértil e sem restrições hídricas - Figura 2; Tabela 1), os

resultados refletem o desempenho potencial da espécie e servem como referência para comparações futuras.

3.2 Produtividade de biomassa

O espaçamento de plantio influenciou a produtividade da massa seca acima do solo (Tabela 3). Os maiores valores foram observados nos espaçamentos S5 e S6, com produtividades médias de 89,6 e 109,9 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 5A). Em contraste, os espaçamentos S1, S2, S3 e S4 apresentaram médias estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$).

Tabela 3. Quadrados médios para matéria seca de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas

Fonte de variação	Quadrados Médios					
	MSPA	MSF	MSC	MSNL	MSCa	MSFi
Espaçamento	1127,36*	37,78**	730,01*	398,19*	52,54 ^{ns}	11,31 ^{ns}
Bloco	586,80 ^{ns}	5,63 ^{ns}	637,73 ^{ns}	329,19 ^{ns}	51,84 ^{ns}	11,44 ^{ns}
Resíduo	254,86	6,03	190,19	102,49	18,37	6,23
Média	80,15	11,62	66,86	44,58	22,28	11,64
C.V.(%)	19,92	21,14	20,63	22,71	19,24	21,47

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo; C.V. = coeficiente de variação; GL= graus de liberdade; MSPA= matéria seca da parte aérea; MSF= matéria seca da folha; MSC= matéria seca do caule; MSNL= matéria seca do núcleo lenhoso; MSCa= matéria seca da casca; MSFi= matéria seca da fibra.

A biomassa acima do solo está diretamente relacionada com o diâmetro do caule e o número de galhos observados nos espaçamentos menos adensados (S5 e S6), que também apresentaram maior massa seca do caule (Figura 5C). Essa relação é ainda mais apoiada pela partição da biomassa acima do solo em caule, folha, núcleo lenhoso e casca. O caule foi responsável pela maior fração da biomassa acima do solo, com os maiores valores registrados em S5 (76,3 g planta⁻¹) e S6 (89,72 g planta⁻¹) (Figura 5C). A massa seca das folhas (Figura 5B) também foi maior em S6 (17,5 g planta⁻¹).

Quando se considera a compartimentalização do caule, observa-se que o núcleo lenhoso corresponde a maior fração, com maior média nos espaçamentos S5 (52,25 g planta⁻¹) e S6 (63,91 g planta⁻¹) e isso explica a maior matéria seca do caule nesses espaçamentos, já que não houve diferença significativa para a matéria seca da casca (22,28 g planta⁻¹) (Figura 5E) e nem para matéria seca da fibra (11,64 g planta⁻¹) (Figura 5F).

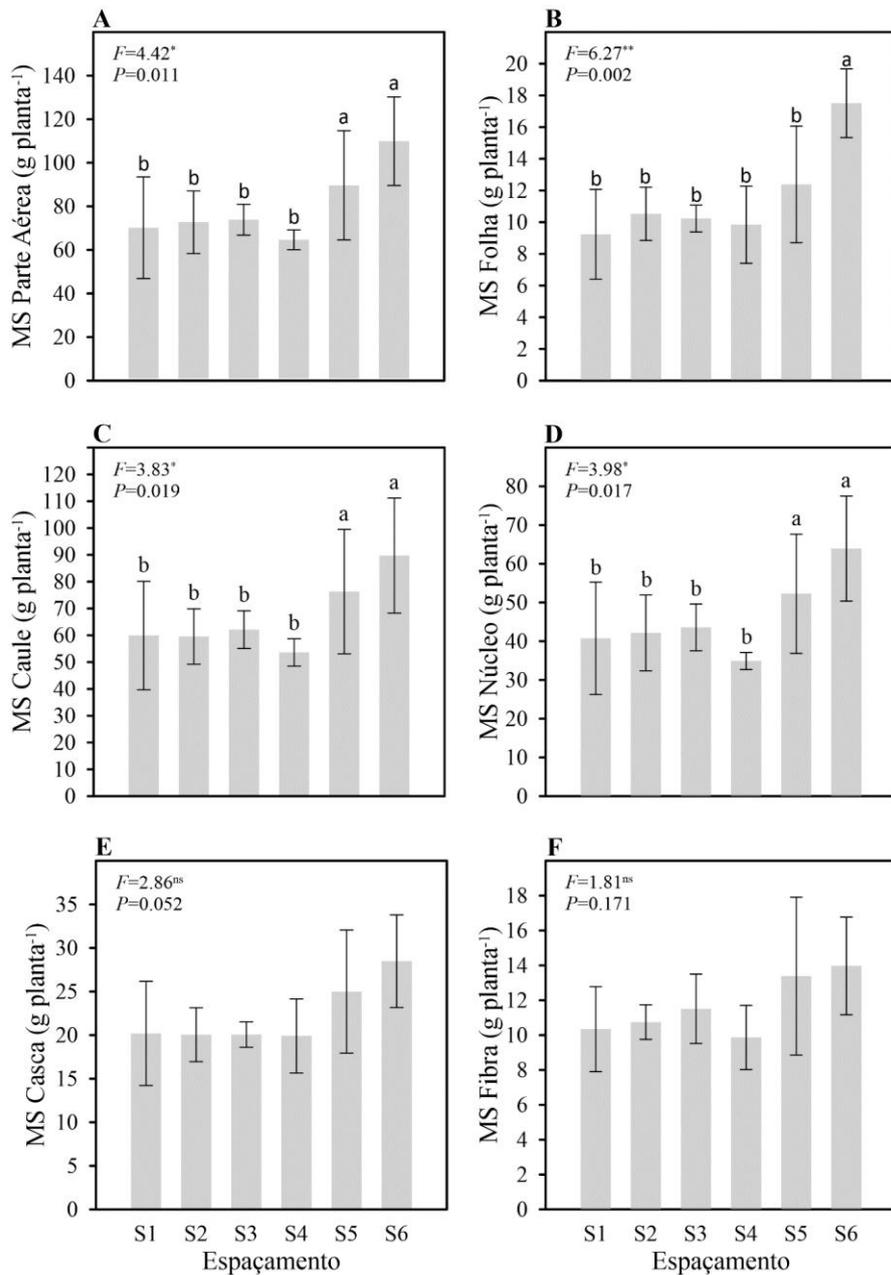


Figura 5. Produtividade de matéria seca de malva (*Urena lobata* L.) em função de diferentes espaçamentos em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas aos 160 dias após o transplante. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Nota: *significativo a 5%; **significativo a 1%; ^{ns} não significativo

3.3 Alocação de biomassa

Nos espaçamentos de plantio avaliados, que correspondem a densidades populacionais variando de 16 a 44 plantas m^{-2} , não foram observadas diferenças significativas na alocação de biomassa entre os compartimentos da parte aérea. O caule é responsável pelo maior compartimento de matéria seca acima do solo, com média de 0,83 $g\ g^{-1}$ (ou 83%) (Figura 6A).

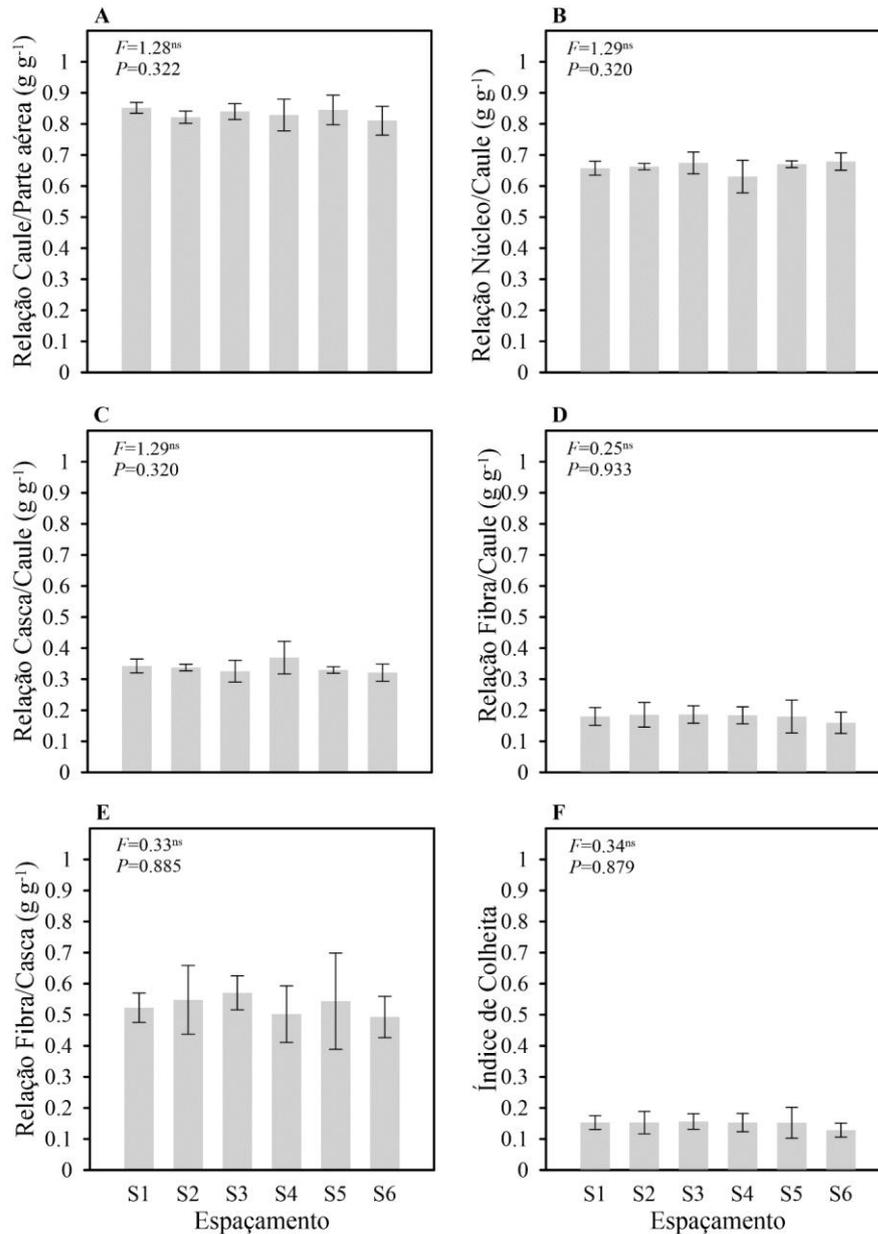


Figura 6. Alocação de biomassa seca de malva (*Urena lobata* L.) em função de diferentes espaçamentos em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas aos 160 dias após o transplântio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). *significativo a 5%; **significativo a 1%; ^{ns}não significativo

O núcleo lenhoso é responsável por 0,66 g g⁻¹ (66%) (Figura 6B), enquanto a casca compreende 0,34 g g⁻¹ (34%) da massa do caule (Figura 6C). A fibra representa 0,18 g g⁻¹ (18%) da massa do caule (Figura 6D) e 0,53 g g⁻¹ (53%) da massa da casca (Figura 6E). Ao considerar a fibra como o produto final, o índice de colheita médio é de 0,15 g g⁻¹ (15%) (Figura 6F). Esses resultados são semelhantes aos relatados por Azzini et al. (1993) em sua caracterização

tecnológica de espécies liberianas. Eles calcularam as frações de casca (30,74%), cerne lenhoso (69,26%) e fibras têxteis (15,71%) com base apenas no caule.

A alocação de biomassa de uma cultura agrícola não é fixa e varia em função dos estádios de crescimento e desenvolvimento da planta, sendo influenciada principalmente por condições abióticas. Geralmente, o padrão de resposta das culturas tende a ser uma função de uma crescente produção de biomassa com o aumento da densidade populacional até atingir um platô que permanece relativamente estável, mesmo persistindo o aumento na densidade (Golan et al., 2024).

Em um estudo sobre o cultivo de cânhamo, Amaducci, Errani e Venturi (2002) observaram como densidades de plantas variando de 30 a 270 plantas m^{-2} influenciaram os padrões de crescimento. Eles detectaram que, durante os estágios iniciais do cultivo, a proporção de caule para biomassa acima do solo variou com a densidade populacional. Em densidades mais altas, as plantas alocaram mais matéria seca ao caule enquanto competiam por luz. Por outro lado, em densidades mais baixas, as plantas direcionaram mais fotoassimilados para suas folhas, acelerando o fechamento do dossel. Uma vez que o povoamento se estabeleceu, a proporção de caules tendeu a se estabilizar em uma ampla faixa de densidades de plantio.

Essa tendência também foi observada nesse estudo. Os dados de alocação de biomassa indicaram que mesmo as plantas com maior massa seca acima do solo (S5 e S6, Figura 5A) mantiveram a mesma proporção de caule que os demais tratamentos (Figura 6A). Isso indica que a maior produtividade individual de matéria seca do caule não alterou o padrão geral de alocação de biomassa.

No entanto, a plasticidade na alocação de biomassa em resposta a fatores ambientais é influenciada pelo crescimento alométrico, que é moldado pela história evolutiva e pelo genótipo da planta. Como resultado, espécies que não passaram por melhoramento genético, como a malva, frequentemente apresentam maior plasticidade fenotípica sob restrições ambientais em comparação com plantas melhoradas (Golan et al., 2024). Além disso, as relações de massa entre casca/caule e fibra/casca são determinadas por características anatômicas, como a espessura da casca e o número e tamanho dos feixes de fibras, que também são controlados geneticamente (Mukul et al., 2020).

3.4 Competição intraespecífica

Neste estudo, plantas dominadas foram definidas como aquelas com altura e diâmetros de caule pelo menos 50% inferiores à média do respectivo tratamento. Essas plantas

normalmente crescem abaixo da copa, desenvolvem caules finos e são suscetíveis ao acamamento, principalmente pelo vento. Como resultado, foram classificadas como plantas improdutivas e excluídas da contagem final. Não foi observado autodesbaste nas parcelas de cultivo.

Durante o período de crescimento, as condições ambientais foram favoráveis, com precipitação regular, temperaturas médias acima de 26 °C e solo altamente férteis (Tabela 1, Figura 1). A cultura foi estabelecida com mudas uniformes de aproximadamente 10 cm de altura e dois pares de folhas verdadeiras. O controle de plantas daninhas foi eficaz durante o estabelecimento, e não foram registrados ataques de pragas ou doenças. Dadas essas condições favoráveis, os resultados obtidos são provavelmente atribuídos à competição intraespecífica impulsionada pelos espaçamentos de plantio utilizados.

Um número significativo de plantas dominadas foi registrado em todos os tratamentos, com frequências mais altas observadas nos espaçamentos mais densos S1 (58.750 plantas ha⁻¹) e S2 (55.000 plantas ha⁻¹). Em contraste, a menor frequência ocorreu em S6 (10.625 plantas ha⁻¹). Os espaçamentos S3 (31.250 plantas ha⁻¹) e S4 (23.125 plantas ha⁻¹) formaram um grupo com a segunda maior perda média de estande, que diferiu estatisticamente daquela de S5 (19.375 plantas ha⁻¹) (Figura 7A). No entanto, o número absoluto de plantas não produtivas pode não refletir com precisão os efeitos ecológicos da densidade de plantio. Uma abordagem mais precisa é avaliar a proporção de plantas dominadas em relação à sua densidade de plantio.

Ao comparar a porcentagem de plantas dominadas em relação à densidade inicial de plantio, torna-se evidente uma mudança nos espaçamentos mais eficientes (Figura 7B). A redução no estande final foi proporcional à densidade inicial. O espaçamento S2 (20 x 15 cm) apresentou a maior proporção de plantas dominadas (16,5%). Os espaçamentos S1 (13,22%) e S3 (12,5%) apresentaram proporções semelhantes, situando-se no segundo grupo. Os espaçamentos S4, S5 e S6, com proporções de 8,67%, 9,69% e 6,64%, respectivamente, formaram o terceiro grupo de médias estatisticamente semelhantes.

A ocorrência de plantas dominadas (não produtivas) e do autodesbaste é indesejável em sistemas de cultivo, pois reduz o estande final de plantas e diminui o rendimento geral da cultura. Densidades de plantio mais altas intensificam a competição por luz, causando sombreamento mútuo e alterando o espectro de luz, o que reduz a razão vermelho/vermelho distante. Isso resulta em respostas morfológicas, como plantas mais baixas com caules mais finos, diminuindo, em última análise, a produção individual de biomassa. Em povoamentos excessivamente densos, a competição intraespecífica estabelece uma hierarquia entre plantas dominantes e dominadas, aumentando o acamamento e o autodesbaste sem aumentar o

rendimento final de biomassa em comparação com uma densidade de plantio ótima (Amaducci; Errani; Venturi, 2002; Golan et al., 2024; Rondanini et al., 2017; Tang et al., 2022).

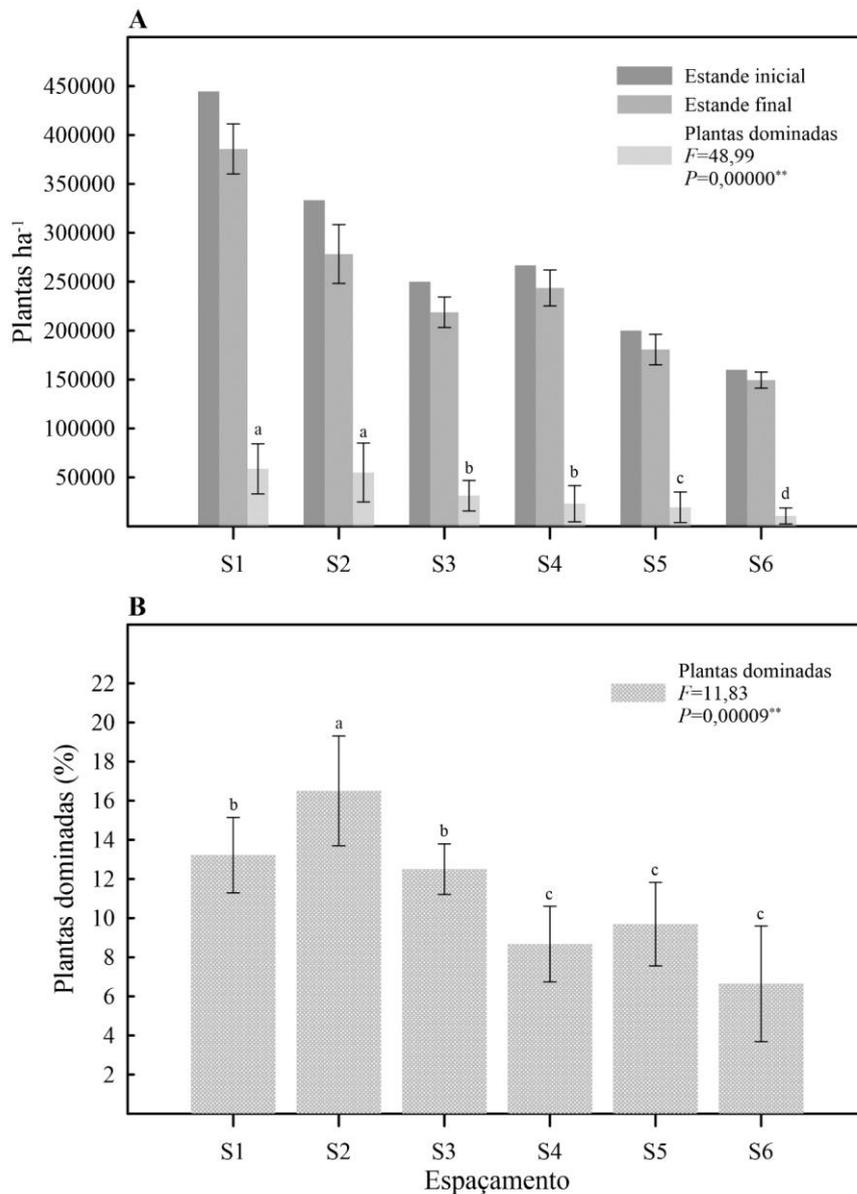


Figura 7. Estabelecimento inicial e final de plantas, número e proporção de plantas dominadas em cultivo de malva (*Urena lobata* L.) sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, AM, colhidas 160 dias após o transplante. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). *significativo a 5%; **significativo a 1%; ^{ns}não significativo

Há informações limitadas sobre o espaçamento ideal e densidades de plantio para o cultivo de malva objetivando a produção de fibra. Crane e Acuna (1945) sugeriram uma densidade de equilíbrio de aproximadamente 30 plantas m⁻² para produção de fibras com base nas condições de solo e clima de seu estudo. Harris (1986) recomendou um espaçamento de

25x15 cm (cerca de 26 plantas m⁻²) para produção de fibras de malva. No entanto, maiores rendimentos foram obtidos com espaçamentos de 25x10 cm e 25x5 cm, resultando em 40 e 80 plantas m⁻², respectivamente. Essas densidades mais altas produziram caules com diâmetros abaixo dos padrões recomendados na época do estudo. Atualmente, está bem estabelecido que plantas com caules finos e alongados - características promovidas pelo plantio denso - produzem fibras de qualidade superior.

No entanto, na análise da morfologia das plantas, alocação de biomassa e competição intraespecífica, constatamos que a maior densidade de cultivo testada (44 plantas m⁻² em S1) não levou ao superadensamento. A baixa porcentagem de plantas dominadas, a ausência de autodesbaste e a ausência de efeitos na altura das plantas e no diâmetro médio do caule indicam que plantios mais densos ainda são possíveis.

3.5 Rendimento de matéria seca e fibra

O S1 produziu o maior rendimento de biomassa aérea, massa seca do caule, casca e fibra. Os demais espaçamentos de plantio apresentaram médias estatisticamente semelhantes. A matéria seca foliar não variou significativamente entre os espaçamentos (Tabela 4). Embora a produtividade individual da parte aérea tenha sido maior nos espaçamentos S5 e S6 (Figuras 5A e 5D), a maior densidade de plantas no S1 foi determinante para o aumento do rendimento geral de caule, casca e fibra. Esse resultado é importante e sugere que planejar a semeadura de malva para atingir um estande inicial de 44 plantas m⁻² no espaçamento de 15x15 cm é vantajoso.

A produção de matéria seca da parte aérea foi notavelmente alta no espaçamento S1, com 26.878 kg ha⁻¹ de biomassa total, 22.929 kg ha⁻¹ de caules e 7.733 kg ha⁻¹ de casca. Esses valores são relativamente maiores em comparação com outras culturas de fibra liberiana e provavelmente refletem as condições de solo e clima durante o experimento. Em contraste, Tang et al. (2022) relataram que o cânhamo, em uma densidade de plantio de 45 plantas m⁻², produziu 12.660 kg ha⁻¹ de biomassa da parte aérea, 10.710 kg ha⁻¹ de biomassa de caules e 1.950 kg ha⁻¹ de biomassa foliar.

Tabela 4. Média de rendimento de matéria seca e fibra da malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio em área de várzea no município de Iranduba, estado do Amazonas

Espaçamento	Médias						
	MSPA	Caule	Casca	Folha	PL	Fibra seca	Fibra seca ao ar
-----kg ha ⁻¹ -----							
S1	26.878 a	22.929 a	7.733 a	3.540	2.620 a	3.966 a	4.546 a
S2	20.487 b	16.757 b	5.540 b	3.103	2.333 b	2.983 b	3.417 b
S3	16.180 b	13.593 b	4.375 b	2.242	2.902 a	2.498 b	2.866 b
S4	15.691 b	12.983 b	4.793 b	2.394	2.911 a	2.385 b	2.733 b
S5	16.130 b	13.697 b	4.489 b	2.257	2.151 b	2.375 b	2.721 b
S6	16.304 b	13.282 b	4.222 b	2.608	2.120 b	2.075 b	2.375 b
F	3,186*	3,60*	4,636**	2,174 ^{ns}	3,729*	6,868**	6,743**
P	0,037	0,024	0,009	0,112	0,022	0,002	0,002
Média	18.612	15.540	5.209	2.691	2.506	2.713	3.110
C.V. (%)	26,62	26,26	23,81	26,45	14,77	19,15	19,35

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); MSPA= matéria seca da parte aérea; PL= produção de liteira; S1= espaçamento 15x15 cm; S2= espaçamento 20x15 cm; S3= espaçamento 20x20 cm; S4= espaçamento 25x15 cm; S5= espaçamento 25x20 cm; S6= espaçamento 25x25 cm; C.V.= coeficiente de variação (%); F= valor da estatística F; P= probabilidade de F; ^{ns} não significativo ($p < 0,05$); * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

Observou-se que a malva deposita grandes quantidades de folhas e galhos senescentes sobre o solo durante o ciclo de cultivo, criando uma densa camada de cobertura morta. Essa cobertura morta é importante para controlar ervas daninhas e adicionar matéria orgânica ao solo, beneficiando as culturas subsequentes. Ao longo do ciclo de cultivo, a produção de liteira variou de 2.120 kg ha⁻¹ (S6) a 2.902 kg ha⁻¹ (S3) de massa seca, com as maiores médias em S1, S3 e S4 (Tabela 4). A produção de liteira, combinada com a massa foliar seca, que variou de 2.242 kg ha⁻¹ (S3) a 3.540 kg ha⁻¹ (S1), destaca o forte potencial da malva para conservação do solo, ciclagem de nutrientes, controle de ervas daninhas e recuperação de áreas degradadas (Amaducci et al., 2015; Mukul et al., 2020; Pudełko; Kołodziej; Mankowski, 2021).

O maior rendimento de fibra seca foi observado no espaçamento S1 (3.966 kg ha⁻¹ em média). Os outros espaçamentos (S2 a S6) apresentaram médias estatisticamente semelhantes, conforme determinado pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Enquanto o rendimento em S1 foi alto, os rendimentos nos outros espaçamentos também foram bons em comparação com os

valores de produtividade relatados na literatura. Por exemplo, Crane e Acuna (1945) relataram um rendimento de fibra de 2.300 kg ha⁻¹ para malva plantada em uma densidade de aproximadamente 30 plantas m⁻² em solo altamente fértil em Cuba. Da mesma forma, Harris (1986) encontrou a maior produção de fibra e sementes de malva em Serra Leoa em um espaçamento de 25x5 cm, resultando em um rendimento estimado de 2.400 kg ha⁻¹. No entanto, o autor recomendou um espaçamento de 25x15 cm, que rendeu cerca de 1.700 kg ha⁻¹, pois essa configuração contribuiu para um maior diâmetro do caule. O autor também sugeriu que um diâmetro de caule de 12-18 mm é um parâmetro adequado para determinar a densidade ideal da planta para a produção de fibras.

Atualmente, o Brasil carece de variedades melhoradas de malva desenvolvidas especificamente para a produção de fibras. A maioria das sementes distribuídas nos estados do Amazonas e no Pará provêm do extrativismo de populações que ocorrem naturalmente em margem de estradas e áreas em pousio ou abandonados, resultando em um alto nível de heterogeneidade nos campos de produção, particularmente em características morfológicas e de produtividade. Neste estudo, observamos altos coeficientes de variação.

Silva et al. (1980) e posteriormente Silva, Correa e Mota (1989) conduziram estudos sobre malva que resultaram no lançamento de duas variedades de alta produtividade, BR-01 e BR-02. Essas variedades produziram 3.077 kg ha⁻¹ e 2.812 kg ha⁻¹, respectivamente, representando um notável aumento de 191% em relação à produtividade regional naquela época. O delineamento experimental empregou uma densidade de plantas de 250.000 plantas ha⁻¹ com espaçamento de 20x20 cm, alinhando-se com o espaçamento S3 usado nesse estudo, mas alcançando produtividades maiores. Além disso, as variedades melhoradas também não apresentavam dormência de sementes, que é uma característica crítica para otimizar o manejo e o estabelecimento da cultura. No entanto, a descontinuação da pesquisa eventualmente levou à perda desse material genético.

O rendimento comercial de fibra foi calculado com teor de umidade ajustado para 13,5%, de acordo com a Portaria 150/82, que regulamenta a classificação da fibra de malva para fins comerciais no Brasil (Brasil, 1982). O maior rendimento registrado foi de 4.546 kg ha⁻¹ no espaçamento S1. Os demais espaçamentos produziram rendimentos médios estatisticamente semelhantes, variando de 3.417 a 2.375 kg ha⁻¹. Segundo o IBGE (2023), a produtividade da fibra de malva no Amazonas foi de 1.553 kg ha⁻¹ em 2023. Entretanto, produtores de fibra nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas relatam rendimentos entre 3.000 e 3.500 kg ha⁻¹.

No cultivo tradicional de malva no estado do Amazonas, os produtores semeiam manualmente aproximadamente 20 kg ha⁻¹ de sementes. Essa prática leva à formação de

povoamentos heterogêneos com densidade desigual de plantas, formando áreas alternadas de alta e baixa densidade, conhecidas como "reboleiras". Os plantios heterogêneos geram plantas com diferentes tipos morfológicos, sem padrão de altura e diâmetro do caule, o que diminui a qualidade tecnológica da fibra colhida. Em contrapartida, a semeadura padronizada no espaçamento de 15x15 cm (S1) aumenta a produtividade e produz caules mais uniformes, melhorando a qualidade da fibra. Esse espaçamento também é mais eficiente, exigindo menor quantidade de sementes (8 kg ha⁻¹ de sementes), considerando um índice de germinação de 80%.

4 CONCLUSÕES

A malva cultivada em espaçamentos com densidades de plantio mais baixas desenvolve maior diâmetro de caule, mais galhos e maior produtividade individual de massa seca. O espaçamento não afeta a alocação de biomassa entre os componentes da parte aérea nem a produtividade por planta, incluindo casca e fibra seca. No entanto, a densidade de plantas influenciou significativamente o rendimento da cultura. O espaçamento de 15x15 cm (44 plantas m⁻²) produziu as maiores quantidades de matéria seca acima do solo, casca, fibra seca, fibra comercial e liteira durante o ciclo da cultura.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/br/estado/AM/estacoes/?estacao=9011677>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

AMADUCCI, S.; ZATTA, A.; PELATTI, F.; VENTURI, G. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. **Field crops research**, v. 107, n. 2, p. 161-169, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002>

AMADUCCI, S.; SCORDIA, D.; LIU, F. H.; ZHANG, Q.; GUO, H.; TESTA, G.; COSENTINO, S. L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, v. 68, p. 2-16, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>

AMADUCCI, S.; ERRANI, M.; VENTURI, G. Plant Population Effects on Fibre Hemp Morphology and Production. **Journal of Industrial Hemp**, v. 7, n. 2, p. 33-60, 2002. DOI https://doi.org/10.1300/j237v07n02_04

AZZINI, A.; SALGADO, A. L. DE B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A. A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 27-32, 1993. DOI <https://doi.org/10.1590/s0006-87051993000100004>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 150 de 11 de junho de 1982**. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=369425393>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/arquivos-publicacoes-insumos-agricolas/2946_regras_analise_sementes.pdf/view>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BLANDINIÈRES, H.; CROCI, M.; IMPOLLONIA, G.; MARCONE, A.; GAY, A.; WINTERS, A.; PALMER, S.; AMADUCCI, S. Multi-environment assessment of a yellow hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivar's eco-physiology and productivity under varying levels of nitrogen fertilisation. **Industrial Crops and Products**, v. 195, p. 116360, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116360>

CHO, A. H.; CHASE, C. A.; TREADWELL, D. D.; KOENIG, R. L.; MORRIS, J. B.; MORALES-PAYAN, J. P. Apical dominance and planting density effects on weed suppression by sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.). **HortScience**, v. 50, n. 2, p. 263-267, 2015. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.2.263>

CRANE, J. C.; ACUNA, J. B. Effect of Planting Rate on Fiber Yield of *Urena Lobata* L. as Compared with Kenaf, *Hibiscus Cannabinus* L.1. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 245-250, 1945. DOI <https://doi.org/10.2134/agronj1945.00021962003700040001x>

DUARTE, R. C. R. M.; DUARTE, A. P. Density and population arrangement of off-season corn cultivars: agronomic parameters and leaf burn by frost. **Bragantia**, v. 82, p. e20230038, 2023. DOI <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230038>

EL-KADY, E.; ABD EL-FATAH, A. Effect of seeding rates, nitrogen levels and harvesting dates on growth, yield and quality of jute (*Corchorus capsularis* L.). **Journal of Plant Production**, v. 34, n. 11, p. 10557-10573, 2009. DOI <https://doi.org/10.21608/jpp.2009.119160>

FERREIRA E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt**: Pacote Experimental Designs (Português) [dataset], 2021. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI <https://doi.org/10.32614/cran.package.expdes.pt>

FERREIRA, A. da S.; HOMMA, A. K. O. A malva como sucedânea da juta no Brasil: Do êxito ao fracasso. **Somanlu: Revista de Estudos Amazônicos**, v. 23, n. 1, p. 20-43, 2023. DOI <https://doi.org/10.69696/somanlu.v23i1.13064>

GHABO, A.; BODIAN, S.; HADJI DIENG, E. Evaluation of the Physical and Thermal Properties of Fibers Extracted from the Trunks of *Urena Lobata* and *Sida stipulata* Plants. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 84-92, 2024. DOI <https://doi.org/10.9734/cjast/2024/v43i44371>

GOLAN, G.; WEINER, J.; ZHAO, Y.; SCHNURBUSCH, T. Agroecological genetics of biomass allocation in wheat uncovers genotype interactions with canopy shade and plant size. **New Phytologist**, v. 242, n. 1, p.107-120, 2024. DOI <https://doi.org/10.1111/nph.19576>

HARRIS, P. J. C. Effect of row spacing on growth, fibre yield and fruit yield of *Urena lobata* in Sierra Lean. **Jute Development Journal**, n. 1, p. 1-5, 1986.

HASAN, K.; RAHMAN, S.; HABIB, MD. A. B.; TANJIL, M. A sustainable approach to utilize an agro-based weedy plant “*Urena lobata*” in blend yarn manufacturing in short-staple ring spinning. **Cellulose**, v. 30, n. 15, p. 9815-9827, 2023. DOI <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05465-5>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2023**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

ITIS. Integrated Taxonomic Information System. *Urena lobata* L. Disponível em: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=21759#null>. Acesso em: 20 dez. 2024.

KEKE, C. O.; NSOFOR, W. N.; KUMABIA, F. K. R.; ILOABUCHI, G. C.; EJIOFOR, J. C.; OSUAGWU, O. L. GCMS and FTIR analysis of ethanol and methanol leave extract of *Urena lobata* (Caesar weed) for bioactive phytochemical constituents. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 13, n. 1, p. 99-115, 2023. DOI <https://doi.org/10.22270/jddt.v13i1.5722>

KENGOH, J. B.; PETER ETAPE, E.; VICTORINE NAMONDO, B.; FOBA-TENDO, J.; NAFU, Y. R.; FABIEN, B. E. Influence of *Urena lobata* Fibre Treatment on Mechanical Performance Development in Hybrid *Urena lobata*: Fibre/Gypsum Plaster Composites. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2021, n. 1, p. 5514525, 2021. DOI <https://doi.org/10.1155/2021/5514525>

LIMA, T. E. S.; TAMBARA JÚNIOR, L. U. D.; NASCIMENTO, L. F. C.; DEMOSTHENES, L. C. C.; MONTEIRO, S. N.; AZEVEDO, A. R. G. Evaluation of the feasibility application of Malva fibers in cement-based composites. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 23, p. 6274-6286, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.014>

LIVINGSTONE, H.; ANG, T. N.; YUAN, X.; SWANEPOEL, Q.; KERCKHOFFS, H. Analysis of inter-nodal properties of two industrial hemp cultivars (Fasamo and Ferimon 12) and their relationships with plant density and row spacing. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114880, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114880>

MATHIAS, S. L.; DE ASSUMPÇÃO PEREIRA-DA-SILVA, M.; DE ALMEIDA LUCAS, A.; DE MENEZES, A. J. Potential application of cellulose nanocrystals obtained from cultivated fibers in Amazon forest. **Industrial Crops and Products**, v. 187, p.115426, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115426>

MOKSHINA, N.; CHERNOVA, T.; GALINOUSKY, D.; GORSHKOV, O.; GORSHKOVA, T. Key stages of fiber development as determinants of bast fiber yield and quality. **Fibers**, v. 6, n. 2, p. 20, 2018. DOI <https://doi.org/10.3390/fib6020020>

MUKUL Md. M.; AKTER, N.; MOSTOFA, M. G.; AHMED, S. S. U.; NUR, I. J.; AL-MAMUN, M.; RASHID, M. H. O. Analyses of Genetic Variability, Character Association, Heritability and Genetic Advance of Tossa Jute (*Corchorus olitorius*) Genotypes for Morphology & Stem Anatomy. **American Journal of BioScience**, v. 8, n. 4, p. 99-112, 2020. DOI <https://doi.org/10.11648/j.ajbio.20200804.12>

NASCIMENTO, L. F. C.; MONTEIRO, S. N.; LOURO, L. H. L.; LUZ, F. S.; SANTOS, J. L.; BRAGA, F. O.; MARÇAL, R. L. S. B. Charpy impact test of epoxy composites reinforced with untreated and mercerized mallow fibers. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 7, n. 4, p. 520-527, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.03.008>

NJOKU, C. E.; OMOTOYINBO, J. A.; ALANEME, K. K.; DARAMOLA, M. O. Physical and abrasive wear behaviour of Urena lobata fiber-reinforced polymer composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 40, n. 9-10, p. 341-351, 2021. DOI <https://doi.org/10.1177/0731684420960210>

PUDEŁKO, K.; KOŁODZIEJ, J.; MAŃKOWSKI, J. Restoration of minesoil organic matter by cultivation of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) on lignite post-mining areas. **Industrial Crops and Products**, v. 171, p. 113921, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113921>

RAHMAN, S.; HASAN, K.; REPON, MD. R.; HAQUE, Md. M. Preparation and characterization of handsheet using cellulose based Agri-weed: A sustainable utilization of Urena Lobata fiber. **Heliyon**, v. 10, n. 7, p. e29170, 2024. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29170>

Rinker, T. W., Kurkiewicz, D. **pacman: Package Management for R.** version 0.5.0. Buffalo, New York, 2017. Disponível em: <<http://github.com/trinker/pacman>>. Acesso em: 05 dez. 2024.

RONDANINI, D. P.; MENENDEZ, Y. C.; GOMEZ, N. V.; MIRALLES, D. J.; BOTTO, J. F. Vegetative plasticity and floral branching compensate low plant density in modern spring rapeseed. **Field Crops Research**, v. 210, p. 104-113, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.021>

SCHÄFER, T.; HONERMEIER, B. Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (*Cannabis sativa* L.). **Industrial crops and products**, v. 23, n. 1, p. 88-98, 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.003>

SILVA, J. F.; MOTA, M. G. da C.; BARRIGA, R. H. M. P.; LIBONATI, V. F. **Melhoramento genético da malva (*Urena lobata* L.) na Amazônia.** Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1980. (Pesquisa em andamento, 9). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/376828>>. Acesso em: 05 jan. 2025.

SILVA, J. F.; CORREA, J. R. V.; MOTA, M. G. C. **Obtenção de cultivares de malva sem dormência nas sementes com boa produção e boa qualidade de fibra.** (EMBRAPA-CPATU, Belém, 1989. (Pesquisa em andamento, 155). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/374169>>. Acesso em: 05 jan. 2025.

SUMAILA, M.; IBHADODE, A. O. A. Technical properties of some plant fibres compared with glass fibre. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 11, p. 11-26, 2013. DOI <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.11.11>

TANG, K.; WANG, J.; YANG, Y.; DENG, G.; YU, J.; HU, W.; GUO, L.; DU, G.; LIU, F. Fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) yield and its response to fertilization and planting density in China. **Industrial Crops and Products**, v. 177, p. 114542, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114542>

van der WERF, H. M. G.; HARSVELD van der Veen, J. E.; BOUMA, A. T. M.; TEN CATE, M. Quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) stems as a raw material for paper. **Industrial crops and products**, v. 2, n. 3, p. 219-227, 1994. DOI [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0926-6690(94)90039-6)

WESTERHUIS, W.; van DELDEN, S. H.; van DAM, J. E. G.; PEREIRA MARINHO, J. P.; STRUIK, P. C.; STOMPH, T. J. Plant weight determines secondary fibre development in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 139, p. 111493, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111493>

YAZICI, L. Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). **Journal of King Saud University-Science**, v. 35, n. 1, p. 102419, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102419>

ZVICEVIČIUS, E.; ŽIŪRA, K.; TILVIKIENĖ, V.; BAKŠINSKAITĖ, A. Biomass Analysis of Industrial Hemp "Felina 32" and the Influence of Plant Height on its Quality. **BioResources**, v. 19, n. 3, 2024. DOI <https://doi.org/10.15376/biores.19.3.6380-6402>

**CAPÍTULO 2 - O ESPAÇAMENTO INFLUENCIA O RENDIMENTO DE FIBRA DE
Urena lobata L. EM AMBIENTE DE TERRA FIRME NO AMAZONAS**

RESUMO

A fibra de malva (*Urena lobata* L.) é tradicionalmente produzida nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas de forma completamente manual. A expansão da cultura para área de terra firme requer estudos sobre o manejo agrônomo da cultura, como a densidade de plantas, espaçamento, nutrição mineral e adubação. Este trabalho teve como objetivo avaliar o espaçamento de plantio e época de colheita da malva para produção de fibra em área de terra firme no estado do Amazonas. Foram testados 10 espaçamentos de plantio e duas épocas de colheita de malva para produção de fibra numa área de Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Foram avaliadas as características morfológicas, produtividade, alocação de biomassa e rendimento. A malva se desenvolve satisfatoriamente em solo de terra firme, alcançando um bom rendimento de fibra que varia em função do espaçamento de plantio adotado. O aumento da densidade de plantio influencia no diâmetro do caule e na produtividade individual de matéria seca da parte aérea e aumenta a proporção caule/parte aérea, mas não altera a altura da planta e a produtividade individual de fibra. Na colheita com 180 dias após a semeadura a produtividade de biomassa e fibra seca é maior em relação a colheita com 150 dias. A densidade de 100 plantas m⁻² no espaçamento de 10x10 cm proporciona um elevado rendimento de biomassa e de fibra, com média superior às registradas na literatura. Esses resultados são inéditos e demonstram a viabilidade agrônoma da cultura da malva em áreas de terra firme no estado do Amazonas.

Palavras-chave: Malva. Densidade de plantio. Época de colheita. Características morfológicas. Produtividade de fibra.

PLANT SPACING INFLUENCES THE FIBER YIELD OF *Urena lobata* L. IN TERRA FIRME ENVIRONMENTS IN THE STATE OF AMAZONAS

ABSTRACT

Malva (*Urena lobata* L.) fiber is traditionally produced manually in the floodplains of the Solimões and Amazon Rivers. Expanding its cultivation to *terra firme* areas (non-flooded upland soils) necessitates agronomic studies focused on crop management, including plant density, spacing, mineral nutrition, and fertilization. This study aimed to evaluate planting spacing and harvest timing for *malva* fiber production in *terra firme* areas of the state of Amazonas. Ten planting spacings and two harvest times were tested on a Ferralsol in the municipality of Manaus, Amazonas. Morphological traits, biomass allocation, productivity, and fiber yield were assessed. *Malva* exhibited robust growth in *terra firme* soils, with fiber yields varying according to the planting spacing adopted. Higher planting densities affected stem diameter, individual aboveground dry matter productivity, and the stem-to-shoot ratio, but did not affect plant height or individual fiber productivity. Harvesting at 180 days after sowing resulted in greater biomass accumulation and dry fiber productivity compared to harvesting at 150 days. A density of 100 plants per square meter, achieved with 10×10 cm spacing, provided high biomass and fiber yields, surpassing averages reported in the literature. These findings are novel and demonstrate the agronomic viability of *malva* cultivation in *terra firme* areas of Amazonas state.

Keywords: *Urena lobata*. Plant density. Harvest time. Morphological traits. Fiber yield.

1 INTRODUÇÃO

As fibras liberianas têm ganhado relevância no mercado global devido à sua natureza renovável e biodegradável, além de apresentarem propriedades físicas, mecânicas, térmicas e higroscópicas que possibilitam o desenvolvimento de vários produtos para uso em diversos setores da indústria de construção, naval, automotiva, agricultura, alimentos, bebidas, celulose e reciclagem, além da vasta aplicação na indústria têxtil, sua principal finalidade. São consideradas ainda um produto ecologicamente correto e de baixo custo quando produzidas localmente. Aliado a isso, os acordos ambientais e a crescente conscientização da população induzem as indústrias e os consumidores a priorizarem os produtos à base de fibras naturais em substituição às sintéticas que têm alto custo de produção e ambiental (Crini et al., 2020; Gonçalves et al., 2018; Kengoh et al., 2021; Sadrmanesh; Chen, 2018).

No Brasil, a malva (*Urena lobata* L.) é a principal espécie produtora de fibras liberianas, sendo cultivada exclusivamente nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas. A fibra da malva é tradicionalmente utilizada para fabricação de fios e tecidos na indústria de aniagem, especialmente para produção de sacos para embalagem de grãos de café (Ferreira; Homma, 2023). Nos últimos anos, com o avanço das pesquisas sobre as propriedades tecnológicas das fibras liberianas, foram desenvolvidos vários produtos e descobertas novas aplicações a partir da fibra e do caule da malva. Os biocompósitos resultantes da mistura de fibras de malva com matrizes de base cimentícia e polimérica têm propriedades adequadas para múltiplas aplicações industriais e comerciais (Gnassiri Wedaïna et al., 2021; Kengol et al., 2021; Sasi Kumar et al., 2023; Senwitz et al., 2016). A fabricação de fios finos e compostos com algodão para indústria de roupas, a produção de celulose e nanocristais de celulose para indústria papelreira, farmacêutica, alimentícia e médica, são outras aplicações possíveis derivadas da fibra de malva (Hasan et al., 2023; Mathias et al., 2022; Rahman et al. 2024).

O estado do Amazonas é responsável por 70% da produção nacional de fibras liberianas, sendo 98% de fibra de malva (IBGE, 2025). No entanto, a atual produção representa apenas 15% dos valores registrados há 20 anos atrás, tornando a indústria nacional totalmente dependente das importações. Vários fatores de ordem social, econômica, técnica e tecnológica contribuíram para a decadência da cadeia produtiva de fibra no Amazonas. O tradicional sistema de produção que ainda persiste de forma totalmente manual nas áreas de várzea dos rios requer uma demanda de mão de obra que não existe mais nas áreas produtivas, forçando os agricultores reduzirem progressivamente a área cultivada. Outro fator é a sazonalidade do calendário agrícola, que depende totalmente do regime de cheia e vazante dos rios da região,

sendo comum a perda de plantios ou aumento no custo de produção em períodos de cheias e secas extremas. Aliado a isso, a ausência de tecnologias no processo produtivo torna o trabalho mais penoso e menos produtivo, o que leva os produtores a optarem por outras atividades agrícolas e comerciais (Ferreira; Homma, 2023).

Algumas políticas podem ser adotadas como forma de reverter esse quadro de declínio da cadeia produtiva de fibra no Amazonas, como: 1) a tecnificação da produção nas áreas de várzea, com implementação de tecnologias e equipamentos que auxiliem nas etapas do processo produtivo, principalmente na fase de extração da fibra; 2) uma política de preços mais justa e atraente para o produtor; 3) a expansão da atividade para área de terra firme, abrangendo uma maior classe de produtores agrícolas sem o risco da sazonalidade inerente às várzeas. Essa última depende do desenvolvimento de pesquisas sobre o manejo agrônomo da cultura, notadamente a densidade de cultivo, espaçamento e nutrição mineral.

A densidade de cultivo e o espaçamento são fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das culturas agrícolas, alterando a capacidade fotossintética das folhas, a morfologia da parte aérea e o padrão de produção e partição da biomassa (Golan et al., 2024; Sandler et al., 2015; Pereira; Hall, 2019). No cultivo de plantas liberianas, as populações subótimas tendem a gerar plantas com maior plasticidade das estruturas vegetativas da parte aérea, com maior área foliar, maior número de galhos, caules mais compridos e espessos e menor distância internodal, produzindo fibras de menor comprimento e pior qualidade tecnológica. Nas populações supra ótimas, a intensa competição intraespecífica por luz resulta numa hierarquização entre plantas dominantes e dominadas, redução significativa do estande devido ao autodesbaste e menor rendimento final de biomassa (Amaducci et al., 2002; Cruz et al., 2025; Harris 1986).

O espaçamento de plantio também influencia no desempenho agrônomo das plantas. O aumento da distância na entrelinha potencializa o efeito da retangularidade, ou seja, a razão entre a distância na entrelinha e a distância entre as plantas na linha. Quanto maior a retangularidade (relação superior a 1:1) mais plantas serão agrupadas na linha e maior será a competição intraespecífica, aumentando a hierarquização, o autodesbaste e reduzindo o rendimento final e a pressão sobre a população de plantas daninhas (Iqbal et al., 2020; van de Werf et al., 1995).

Os trabalhos sobre densidade e espaçamento de plantio na cultura da malva são escassos na literatura. Um trabalho pioneiro realizado por Crane e Acuna (1945) sugeriu que uma densidade de equilíbrio próxima a 33 plantas m⁻². Mais tarde, Harris (1986) indicou que o espaçamento de 25x15 cm seria adequado para produção de fibra, considerando plantas com

caule de diâmetro superior a 12 mm. Recentemente, Cruz et al. (2025) desenvolveram um trabalho com espaçamento da malva em área de várzea no Amazonas e obtiveram resultados promissores no espaçamento de 15x15 cm, com produtividade superior à obtida pelos produtores locais que realizam a semeadura a lanço. Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o espaçamento de plantio da malva para produção de fibra em área de terra firme no estado do Amazonas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização ambiental e desenho experimental

O experimento foi realizado no período de janeiro a julho de 2024 na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM), localizada no km 922 da BR-174, município de Manaus, AM. O clima da região é do tipo tropical chuvoso (classificação Köppen), com precipitação anual média de 2.420 mm e temperatura média do ar de 26,4 °C (Alvares et al., 2013).

O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. A análise granulométrica e de fertilidade na profundidade de 0-20 cm antes do revolvimento revelou um solo com textura argilosa, ácido, baixos teores de bases trocáveis, N, P e baixa saturação por bases, conforme pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo localizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM), Manaus, AM

Areia ----- % -----	Silte ----- % -----	Argila ----- % -----	pH H ₂ O	Al ³⁺ ----- cmol _c dm ⁻³ -----	H+Al ----- cmol _c dm ⁻³ -----	T
14,39	14,06	71,55	5,22	0,24	3,56	5,08
V ----- % -----	m	K ----- mg kg ⁻¹ -----	P	Ca ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³ -----	Mg ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³ -----	CO g kg ⁻¹
29,84	13,67	25	1,0	0,76	0,67	21,87
MO ----- g kg ⁻¹ -----	N	Fe	Zn	Cu ----- mg kg ⁻¹ -----	Mn ----- mg kg ⁻¹ -----	B ----- mg kg ⁻¹ -----
37,61	1,53	160	0,41	0,16	1,02	0,35

pH em CaCl₂; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extraídos por KCl; H+Al: extraído por acetato de cálcio; P e K: extraídos por Mehlich-1; MO: matéria orgânica, determinada por colorimetria; V: porcentagem de saturação por bases; B: extração com água quente.

O experimento foi implantado no delineamento de blocos casualizados, em parcelas subdivididas no tempo, com dez tratamentos na parcela e dois tratamentos na subparcela (10x2). Os tratamentos na parcela foram compostos de 10 espaçamentos de plantio: 10x10 cm (S1);

15x10 cm (S2); 15x15 cm (S3); 20x10 cm (S4); 20x15 cm (S5); 20x20 cm (S6); 25x10 cm (S7); 25x15 (S8); 25x20 (S9); 25x25 (S10). Na subparcela foram avaliadas duas épocas de colheita: 150 e 180 dias após a semeadura (DAS). Cada parcela foi replicada três vezes. A parcela consistiu numa área de cultivo de 9 m² (3x3 m).

2.2 Instalação e condução do experimento

A área destinada ao cultivo foi preparada com duas operações de gradagem, uma antes e outra depois da aplicação do calcário. Para calagem, foi utilizada a quantidade de 1,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 92%, que foi incorporado na profundidade de 20 cm. A quantidade de calcário foi calculada com base no método da elevação de saturação por bases para 60%. Aos 80 dias após a calagem, a área foi novamente revolvida com enxada rotativa para receber a semeadura.

A semeadura foi realizada em janeiro de 2024, com o auxílio de uma plantadeira-adubadeira manual regulada para colocar 6 sementes por cova e a quantidade de adubo de acordo com o espaçamento adotado. Para a adubação de plantio foram utilizados 60 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 82 kg ha⁻¹ de K₂O e 1,5 kg ha⁻¹ de B. Os adubos utilizados foram a ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e FTE-BR12 para fornecer N, P₂O₅, K₂O e B, respectivamente. A semente utilizada foi produzida no estado do Pará e adquirida através da Companhia Têxtil de Castanhal, lote 2023.

O monitoramento foi realizado diariamente nos primeiros 30 dias, especialmente nos estádios de emergência e plântula, fases que são críticas ao ataque de formigas cortadeiras e gafanhotos. O desbaste foi executado aos 30 dias após a semeadura, deixando-se uma planta por cova. Durante todo o período de cultivo foi realizado o monitoramento da herbivoria e infestação de plantas daninhas, não havendo necessidade de intervenção.

2.3 Avaliação do experimento

Foram realizadas duas colheitas, uma no início do mês de junho e outra no início do mês de julho de 2024, aos 150 e 180 dias após a semeadura (DAS), respectivamente. A segunda colheita coincidiu com o início da floração da malva. Nas duas ocasiões foram colhidas 10 plantas localizadas em duas linhas centrais da parcela. As plantas foram cortadas rente ao solo e levadas para um abrigo para realização da biometria. Para todas as plantas foram tomadas as medidas de altura da planta (AP), diâmetro basal do caule (DBC) e número de galhos (NG). A AP foi medida a partir da base até a inserção da última folha. O DBC foi medido na distância de 5 cm a partir da base do caule. Em seguida, cinco plantas foram separadas para determinação

da matéria seca da parte aérea. Para isso, as plantas foram segmentadas em folhas, casca e núcleo do caule, acondicionadas em sacos de papel, secadas em estufa na temperatura de 65 °C por 72 horas e pesadas em balança de precisão (0,001 g).

As outras cinco plantas foram destinadas para extração da fibra através do método da maceração biológica com imersão em água. Essas plantas tiveram seus galhos removidos, foram agrupadas, etiquetadas e submersas em viveiros de piscicultura numa profundidade de 50 cm. O monitoramento do ponto ideal da extração da fibra foi realizado diariamente a partir do sétimo dia após a imersão. Atingido o ponto ideal, as fibras foram lavadas na água do viveiro e colocadas para secar por três dias dentro de uma casa de vegetação. Em seguida as fibras foram pesadas, colocadas para secar em estufa de circulação forçada na temperatura de 65 °C por 72 horas e depois pesadas novamente para determinação da massa seca da fibra.

Para avaliação do índice de área foliar (IAF), foram separadas todas as folhas de uma única planta, que foram acondicionadas em saco de plástico e conservadas em refrigerador. Essas folhas foram escaneadas em impressora multifuncional na resolução de 150 ppi e a área foliar analisada no programa ImageJ®. Essas amostras de folhas foram secadas em estufa e pesadas. Com os dados da área foliar e massa seca das folhas, foi desenvolvida uma equação de regressão linear (Equação 1) para estimar a área foliar média da planta a partir de uma amostragem maior, obtida de cinco plantas já descrita anteriormente.

$$\hat{Y}_{AF}=213,7+156,4x \quad (R^2=0,74) \quad (1)$$

Em que: \hat{Y}_{AF} = estimativa da área foliar em função da massa seca de folha (cm²); x = massa seca de folha (g); R² = coeficiente de determinação.

O IAF (Equação 2) foi obtido pela razão entre a área foliar média e a área da superfície do solo ocupada pelas plantas em função do espaçamento entre linhas (EL) e entre plantas (EP).

$$IAF = \frac{\hat{Y}_{AF}}{EL \times EP} \quad (2)$$

Em que: IAF = índice de área foliar (cm² cm⁻²); \hat{Y}_{AF} = estimativa da área foliar em função da massa seca de folha (cm²); EL = espaçamento entre linhas; EP = espaçamento entre plantas.

As variáveis analisadas foram divididas em quatro categorias: características morfológicas; produtividade; alocação de biomassa; rendimento. As variáveis avaliadas para características morfológicas foram AP, DBC, NG e IAF. Na categoria produtividade foram avaliadas a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do caule (MSC), massa seca da casca (MSCa) e massa seca da fibra (MSFi). Essa categoria representa a produtividade individual da planta submetida a cada tratamento, expressa na unidade g planta⁻¹. Na alocação de biomassa

foi avaliada a relação entre caule e parte aérea (RCPA), relação folha e parte aérea (RFoPA), relação casca e parte aérea (RCaPA) e relação fibra e parte aérea (RFiPA), com unidade expressa em $g\ g^{-1}$ de massa seca.

Na categoria rendimento foram considerados o número de plantas dominadas (NPD) e porcentagem de plantas dominadas (PPD) para cálculo do estande final. A partir do ajuste do estande foi calculado o rendimento multiplicando-se o valor da matéria seca das variáveis de produtividade pelo estande final corrigido. Dessa forma, foram estimados o rendimento da massa seca da parte aérea (RMSPA), rendimento de massa seca do caule (RMSC), rendimento de massa seca da casca (RMSCasc) e rendimento de massa seca da fibra (RMSFi). Nessa categoria foi calculado o rendimento de fibra com umidade corrigida para 13,5% que é a umidade máxima admitida para comercialização de fibras de malva e juta no Brasil (Brasil, 1982). Também foi avaliado o rendimento da massa seca da liteira (RMSL) que consiste na biomassa vegetal depositado sobre o solo durante o ciclo da cultura, incluindo folhas, pecíolos e galhos. Para isso foi coletada toda biomassa vegetal sobre o solo numa área de $0,25\ m^2$ na região central de cada parcela que foi acondicionada em saco de papel e secada em estufa a $65\ ^\circ C$ por 72 horas e os valores extrapolados para um hectare.

2.4 Análise estatística

Os tratamentos (espaçamentos) foram considerados variáveis qualitativas e por isso foi utilizado um teste de comparação de média. As variáveis das categorias características morfológicas e produtividade foram analisadas considerando o esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos nas parcelas os dez espaçamentos e nas subparcelas as duas épocas de colheita, 150 e 180 DAS. Nas categorias alocação de biomassa e rendimento a estatística foi realizada considerando análise unifatorial no delineamento inteiramente casualizado utilizando os dados da colheita de 180 DAS.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) para verificação da normalidade dos resíduos e Bartlett ($p < 0,05$) e O'Neill e Mathews ($p < 0,05$) para homogeneidade das variâncias. Atendidos aos pressupostos da análise de variância, foi realizado o teste F ($p < 0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Toda estatística relativa à análise de variância e teste de médias foi processada no programa RStudio, utilizando-se o pacote ExpDes.pt (Ferreira; Cavalcante; Nogueira, 2021) e EasyAnova (Arnhold, 2013). Os resultados estão apresentados na forma de gráficos e tabelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características morfológicas

A altura média das plantas de malva (237 cm) não apresentou diferença significativa entre os espaçamentos avaliados, mas foi influenciada pelo tempo de colheita (Tabela 2). As plantas colhidas aos 180 DAS apresentaram incremento médio de 15% na altura, em relação às colhidas aos 150 DAS (Figura 1A). O espaçamento e a época de colheita proporcionaram efeito significativo sobre o diâmetro basal do caule - DBC, havendo interação entre os dois fatores ($p < 0,05$). Aos 150 DAS, as médias de DBC foram hierarquizadas em dois grupos distintos. No primeiro grupo estão os espaçamentos mais adensados S1, S2, S3, S4 e S7, com menor média de DBC. O segundo grupo foi formado pelos espaçamentos com menor densidade de plantio (S5, S6, S8, S9 e S10) que apresentaram maior média para o diâmetro do caule. Aos 180 DAS, a estratificação das médias revelou três grupos distintos: S1 e S2 apresentaram os menores DBC; S5 e S8, os maiores; e os demais, valores intermediários. Quando se considera a época de colheita, observa-se que os espaçamentos com maior densidade de plantio S1, S2 e S7 e os dois menos adensados S9 e S10 não diferiram quanto ao DBC entre as duas épocas de colheita. Para os demais espaçamentos, a colheita aos 180 DAS proporcionou plantas com maior DBC (Figura 1B).

Tabela 2. Análise de variância das características morfológicas e produtividade de biomassa de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM

Categoria	Variável	S	H	SxH	MG	CV _S	CV _H
		Valor P				%	%
Características morfológicas	AP (cm)	0,157	0,005	0,084	237	9,14	4,33
	DBC (mm)	<0,001	<0,001	0,027	12	8,97	6,67
	NG (galho planta ⁻¹)	0,155	0,938	0,427	1,1	73,08	78,09
	IAF	<0,001	<0,001	<0,001	6,5	17,04	9,49
Produtividade	MSPA (g planta ⁻¹)	0,002	0,02	0,057	51	20,29	14,18
	MSC (g planta ⁻¹)	0,017	<0,001	0,145	41,5	21,86	16,65
	MSCa (g planta ⁻¹)	0,038	0,008	0,406	12,4	20,26	21,59
	MSFi (g planta ⁻¹)	0,101	<0,001	0,215	7,9	22,45	20,66

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo; C.V. = coeficiente de variação; AP = altura da planta (cm); DBC = diâmetro basal do caule (mm); DMC = diâmetro médio do caule (mm); NG = número de galhos (galhos planta⁻¹); IAF = índice de área foliar; MSPA = massa seca da parte aérea (g planta⁻¹); MSC = massa seca do caule (g planta⁻¹); MSCa = massa seca da casca (g planta⁻¹); MSFi = massa seca da fibra (g planta⁻¹)

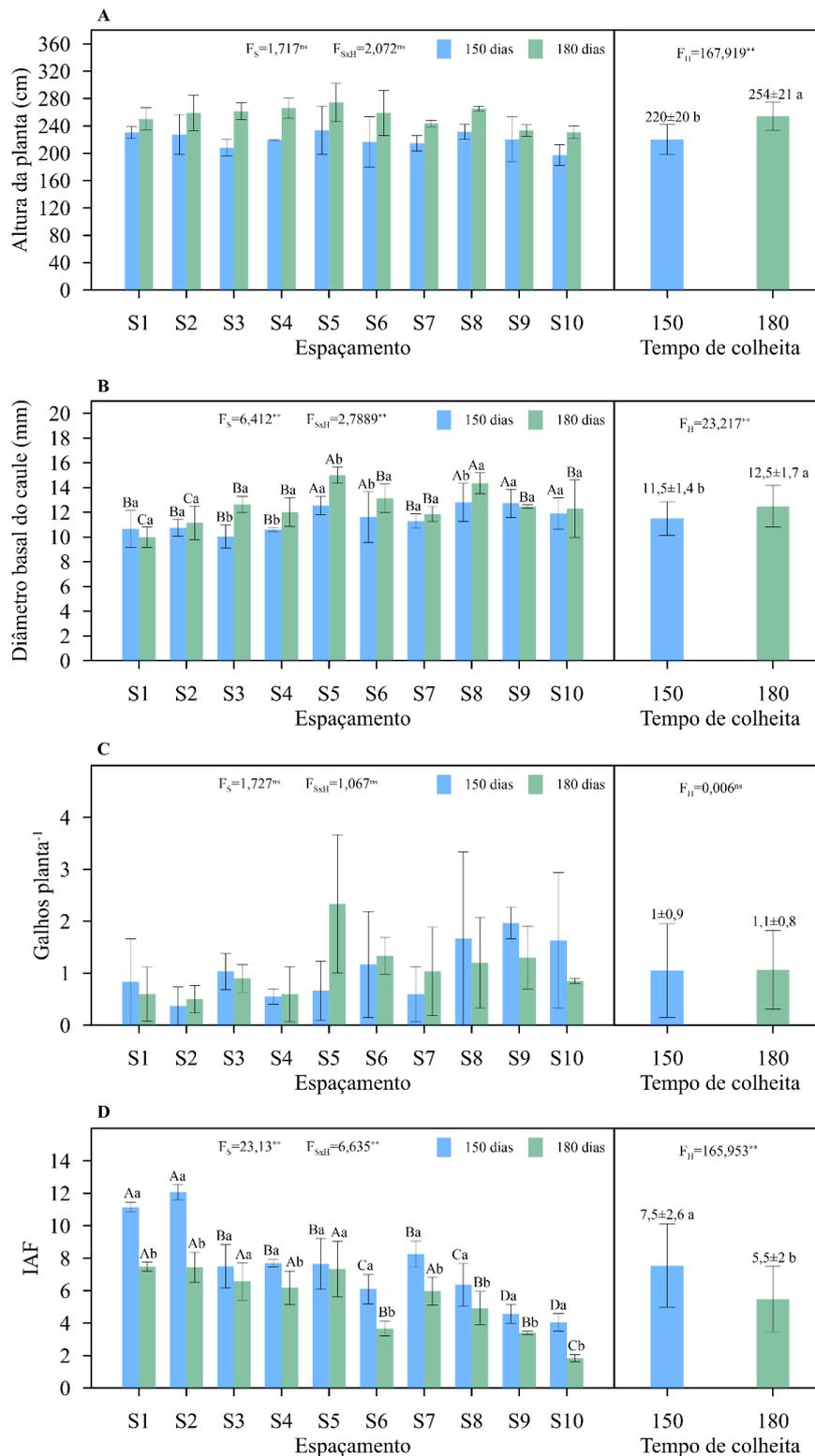


Figura 1. Características morfológicas de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 150 e 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Barras de mesma cor seguidas pela mesma letra maiúscula e de cores diferentes seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo

A altura e o diâmetro do caule de plantas liberianas são características importantes porque determinam a produtividade de fibra (Mukul et al., 2021). Quanto maior e mais espesso for o caule, maior a área da casca, que pode ser utilizado como um indicador para estimativa de produtividade de fibras (Amaducci et al., 2002; Das Gupta, 1945). Essas características são fortemente influenciadas pelo genótipo da planta, sendo que cultivares mais produtivas tendem a ter caules mais volumosos (Mukul et al., 2020). No entanto, o adensamento populacional influencia na morfologia do caule, que reduz em altura e diâmetro à medida que se aumenta a densidade de plantas, até o ponto em que o acréscimo na densidade tem efeito negativo na população, reduzindo o crescimento da planta, produzindo maior quantidade plantas dominadas e aumentando o autodesbaste até que se alcance o ponto de equilíbrio (Amaducci et al., 2002; Campiglia et al., 2017; Livingstone et al., 2022; Silva et al., 1989).

O número de galhos (NG) por planta não foi influenciado pelos espaçamentos e nem pela época de colheita. A média foi de 1 a 1,1 galho planta⁻¹ (Figura 1C). Harris (1986) observou que a porcentagem de galhos na malva é inversamente proporcional ao adensamento populacional, com médias variando de 100% de plantas com galhos no espaçamento de 100x100 cm, até 0% no espaçamento de 25x5 cm. A malva é uma planta arbustiva, com um padrão de ramificação prolífico regulado por fatores genéticos, mas que pode ser influenciado por fatores ambientais e de manejo. No entanto, a formação de grande quantidade de galhos é uma característica indesejável em plantas liberianas, pois dificultam a colheita e a extração da fibra, além de influenciar negativamente a qualidade tecnológica da fibra (Amaducci et al., 2015).

O adensamento no plantio é uma técnica eficiente para controlar a quantidade de galhos na planta, possivelmente, devido ao mecanismo de evitação de sombra. Em plantios adensados as plantas competem por espaço para formação da copa, fechando o dossel ainda nos estádios iniciais de crescimento. O ambiente sombreado formado abaixo do dossel reduz as proporções entre o vermelho e o vermelho-distante (F:FR), desencadeando o fenômeno da evitação à sombra, que resulta na potencialização da dominância apical, com consequente aumento no alongamento do caule, inibição ou menor crescimento das ramificações laterais e aumento da partição da biomassa para o caule (Holalu et al., 2020).

O índice de área foliar (IAF) foi maior na avaliação aos 150 DAS, com as maiores médias observadas nos espaçamentos S1 (11,1) e S2 (12,1). Os espaçamentos com menor densidade de plantio S9 e S10 registraram o menor valor de IAF, com média de 4,6 e 4,1, respectivamente (Figura 1D). Cruz et al. (2025), observaram que na faixa de densidade de 16 a 44 plantas m⁻² não houve diferença significativa de IAF entre os espaçamentos testados na

cultura da malva em ambiente de várzea. Nesse trabalho os autores verificaram IAF médio de 7,26, condizente com o achado nesse estudo (7,5), considerando a colheita com 150 DAS.

Aos 180 DAS o IAF foi mais homogêneo entre os tratamentos, com as maiores médias observadas nos espaçamentos com maior densidade de plantio (S1, S2, S3, S4, S5 e S7) e a menor no espaçamento S10 (1,8) (Figura 1D). A redução do IAF na colheita aos 180 DAS pode estar relacionada com a mudança do estágio vegetativo para o reprodutivo. Na primeira aferição, a cultura estava em fase de desenvolvimento vegetativo, acumulando biomassa na parte aérea (caule e folhas). A segunda medição coincidiu com o início da floração, fase em que foi observada uma intensificação na queda das folhas e dos galhos senescentes.

3.2 Produtividade de biomassa

A produtividade de biomassa da parte aérea, caule e casca foi influenciada pelo espaçamento e época de colheita de forma independente, enquanto a massa seca da fibra foi afetada somente pelo período de colheita. Em geral, observou-se incremento de produtividade aos 180 DAS em comparação aos 150 DAS, indicando acúmulo contínuo de biomassa nesse intervalo (Tabela 2). As maiores médias de MSPA e MSC foram observadas nos espaçamentos S5, S6, S8 e S9 em ambos os períodos de colheita (Figura 2A e 2B). Considerando a média geral dos tratamentos, a produtividade de MSPA e MSC na colheita com 180 DAS foi maior 9,7% e 21,6%, respectivamente, em comparação com a colheita aos 150 DAS.

A produtividade de casca diferiu entre os espaçamentos e época de colheita, sem efeito da interação. Os espaçamentos S5, S8 e S9 formaram um grupo de média com melhores produtividades de massa seca da casca (Figura 2C), com melhor resultado na colheita com 180 DAS (9,1 g planta⁻¹). A produtividade de fibra foi melhor quando a colheita das plantas foi realizada com 180 DAS, sem diferença significativa ($p < 0,05$) entre espaçamentos (Figura 2D).

3.3 Alocação de biomassa

A análise da alocação de biomassa entre os componentes da parte aérea revelou que, em média, o núcleo do caule correspondeu a 60% da massa seca total, seguido pela casca (26%) e pelas folhas (14%) (Tabela 3). O núcleo do caule e a casca formam o caule, que corresponde a 86% da biomassa da parte aérea. Os espaçamentos influenciaram significativamente no particionamento de biomassa entre caule e parte aérea, folha e parte aérea e fibra e parte aérea (Tabela 3).

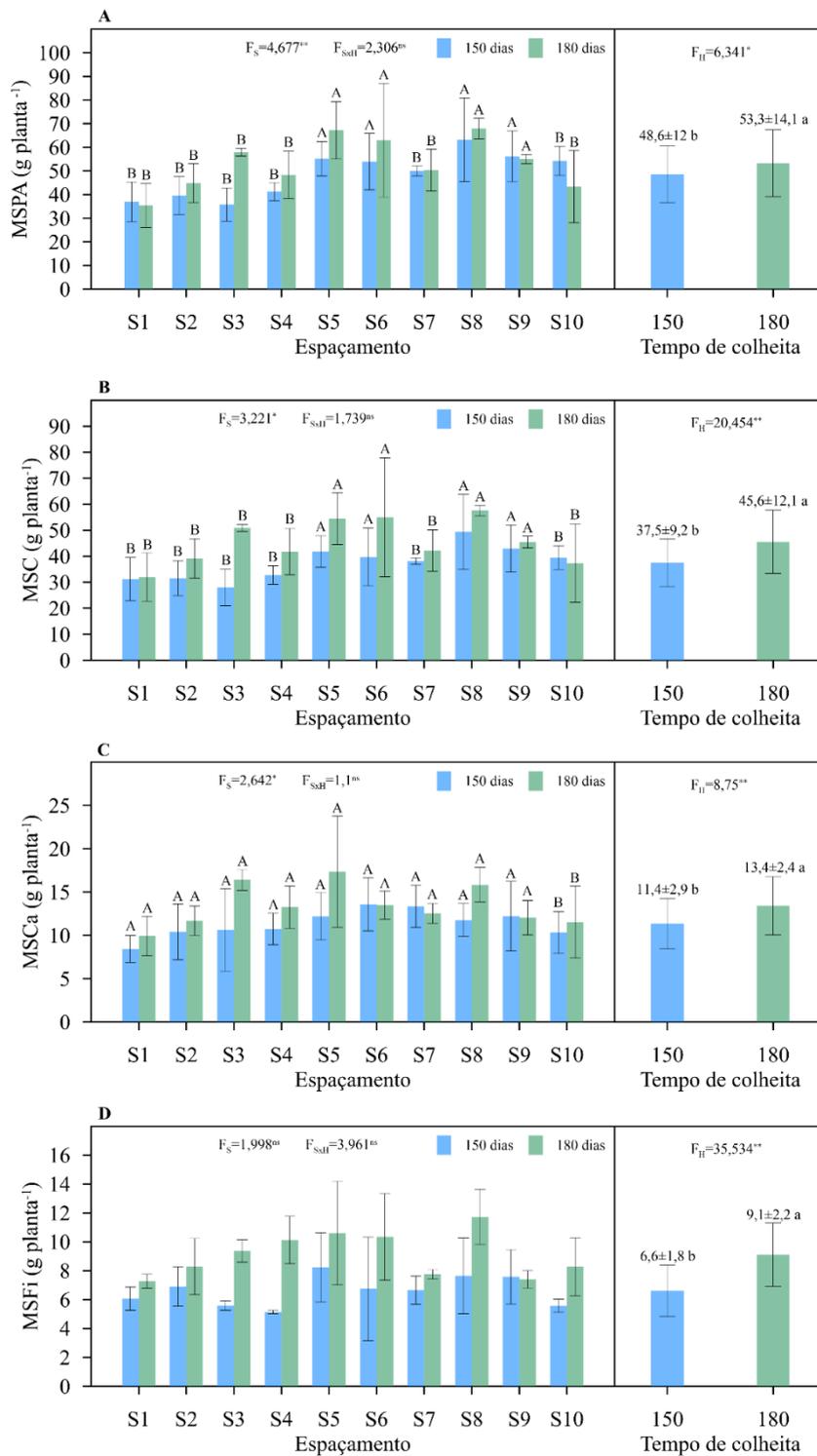


Figura 2. Produtividade de matéria seca de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 150 e 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Barras de mesma cor seguidas pela mesma letra maiúscula e de cores diferentes seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo. MSPA= massa seca da parte aérea; MSC= massa seca do caule; MSCa= massa seca da casca; MSFi= massa seca da fibra

Tabela 3. Resumo da análise de variância para alocação de biomassa e rendimento de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM

Categoria	Variável	Espaçamento		MG	CV
		Valor F	Valor P		
Alocação de biomassa	RCPA (g g ⁻¹)	3,847	0,007	0,86	2,68
	RNCPA (g g ⁻¹)	0,911	0,537	0,6	6,52
	RFoPA (g g ⁻¹)	3,847	0,007	0,14	15,8
	RCascPA (g g ⁻¹)	1,595	0,191	0,26	12,29
	RFiPA (g g ⁻¹)	2,479	0,048	0,18	15,78
Rendimento	NPD (planta ha ⁻¹)	41,546	<0,001	48.704	15,2
	PPD (%)	3,598	0,009	11,78	21,46
	RMSPA (kg ha ⁻¹)	13,392	<0,001	18.547	19,57
	RMSC (kg ha ⁻¹)	12,308	<0,001	15.997	21,46
	RMSCa (kg ha ⁻¹)	14,086	<0,001	4.807	21,99
	RMSNC (kg ha ⁻¹)	9,521	<0,001	11.190	23,59
	RMSFi (kg ha ⁻¹)	21,337	<0,001	3.293	18,9
	RFi-13,5 (kg ha ⁻¹)	21,079	<0,001	3.780	19,02
RMSL (kg ha ⁻¹)	3,153	0,018	2.762	13,37	

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo; C.V. = coeficiente de variação; RCPA= relação caule/parte aérea (g g⁻¹); RNCPA= relação núcleo do caule/parte aérea (g g⁻¹); RFoPA= relação folha/parte aérea (g g⁻¹); RCasPA= relação casca/parte aérea (g g⁻¹); RFiPA= relação fibra/parte aérea (g g⁻¹); NPD= número de plantas dominadas (plantas ha⁻¹); PPD= porcentagem de plantas dominadas (%); RMSPA= rendimento de massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹); RMSCa= rendimento de massa seca da casca (kg ha⁻¹); RMSNC= rendimento de massa seca do núcleo do caule (kg ha⁻¹); RMSFi= rendimento de massa seca de fibra (kg ha⁻¹); RFi-13,5= rendimento de fibra com umidade corrigida para 13,5% (kg ha⁻¹); RMSL= rendimento de massa seca da liteira (kg ha⁻¹)

As Plantas cultivadas nos espaçamentos S1, S2, S3, S4 e S6 alocaram maior biomassa para o caule, em comparação com os espaçamentos S5, S7, S8, S9 e S10. O padrão de alocação de biomassa para o núcleo do caule não foi alterado nos intervalos de espaçamentos utilizados nesse trabalho. A relação entre folha e parte aérea foi maior os espaçamentos S5, S8, S9 e S10 (Figura 3A).

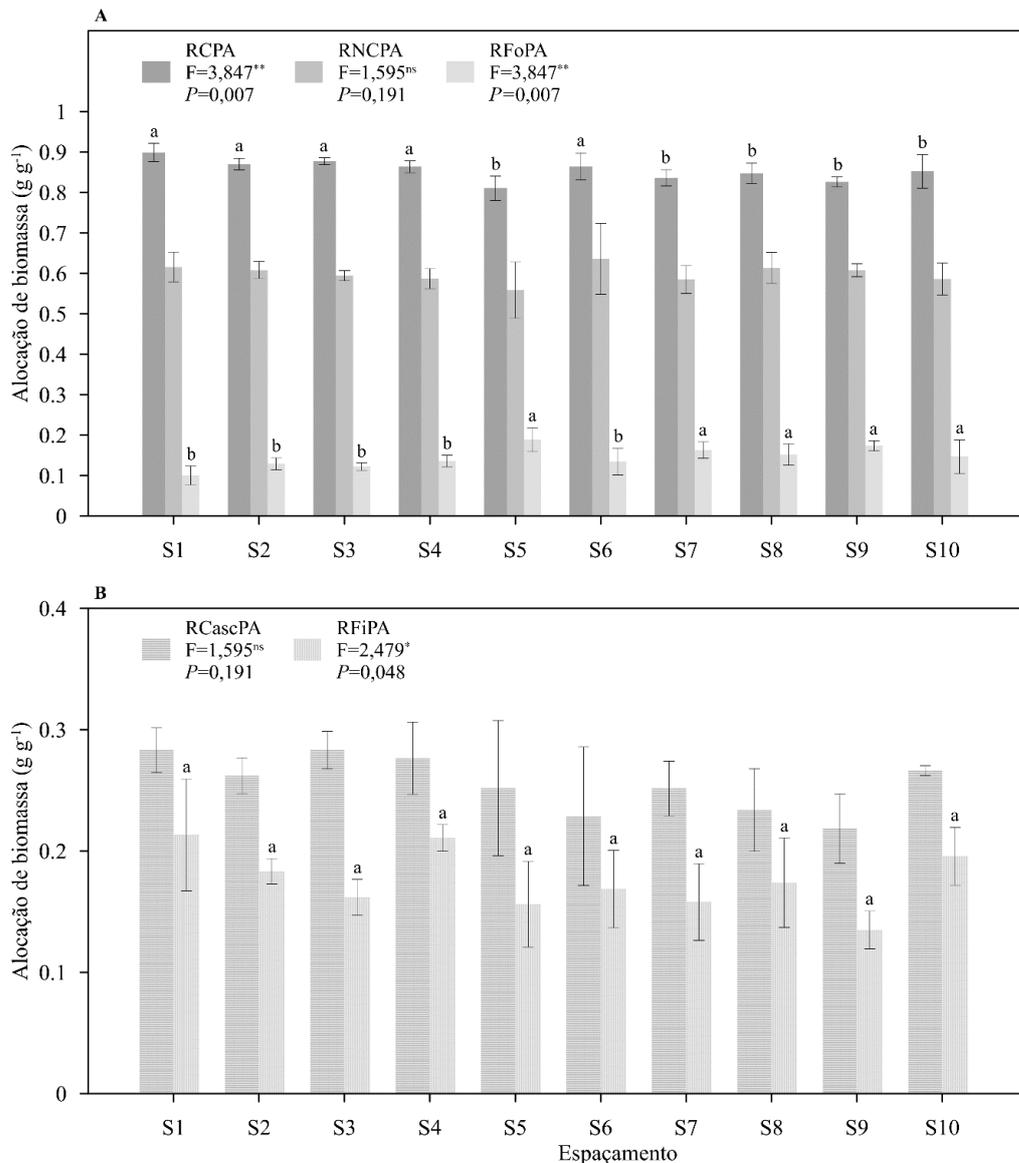


Figura 3. Alocação de biomassa entre os componentes da parte aérea de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Barras de mesma cor seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{ns} não significativo

O padrão observado nesse trabalho sugere que em maiores densidade de cultivo, a malva direciona mais matéria seca para as estruturas do caule, devido a necessidade do crescimento em altura em direção à radiação incidente, resultando em caules longos e de menor diâmetro. Por outro lado, no cultivo de baixa densidade de plantas, ocorre maior alocação de fotoassimilados para formação das folhas, acelerando a formação da copa e fechamento do dossel. Esse padrão de particionamento de matéria seca em função da densidade de plantio também foi observado por Amaducci et al. (2002) para cultura do cânhamo.

A relação casca e parte aérea não foi alterada entre os espaçamentos. Embora a relação entre fibra e parte aérea, que também representa o índice de colheita, tenha sido significativa pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram consideradas estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) (Figura 3B, Tabela 3).

3.4 Rendimento

Houve redução significativa do estande final em todos os espaçamentos devido a ocorrência de plantas dominadas (Tabela 3). O espaçamento S1 teve maior quantidade de plantas dominadas, com média de 102.592 plantas ha^{-1} . Os espaçamentos S2, S3, S4 e S7 formaram um grupo intermediário com médias estatisticamente iguais. Nos espaçamentos com menor adensamento de plantas (S5, S6, S8, S9 e S10) foi registrado também o menor número de plantas dominadas (Figura 4A).

Quando se considera a proporção de plantas dominadas em relação a densidade de plantas no estande inicial, verificou-se a formação de dois grupos de médias distintas. No primeiro agrupamento de médias estão os espaçamentos S3, S7, S8, S9 e S10, com maior porcentagem de plantas dominadas. Com exceção do espaçamento S3 (15x15 cm), os demais espaçamentos desse grupo têm distância na entrelinha de 25 cm, com densidade variando de 40 (S7) até 16 plantas m^{-2} (S10). A menor proporção de plantas dominadas foi observada no agrupamento dos espaçamentos S1, S2, S4, S5 e S6, com densidade varando de 100 (S1) até 25 plantas m^{-2} (S6) (Figura 4B).

Alguns critérios observados neste estudo, como a baixa média geral de perda do estande inicial (11,78%, Tabela 3), a ausência de efeito na altura final das plantas (Figura 1A), a média de diâmetro superior a 12 mm (Figura 1B), a baixa variação na produtividade de massa seca do caule (Figura 2B) e de fibra (Figura 2D) indicam que a cultura da malva responde positivamente ao adensamento populacional até 100 plantas m^{-2} . Esse resultado é importante porque sugere que densidades de cultivo mais altas podem ser testadas, a exemplo do que ocorre na cultura do cânhamo para produção de fibras que, dependendo da finalidade da fibra (não têxtil ou têxtil), são praticadas densidades de semeadura que variam de 90 a 350 plantas m^{-2} (Amaducci et al., 2015). Outros fatores que indicam super adensamento, como o autodesbaste e a perda de biomassa no rendimento final, não foram observados neste estudo.

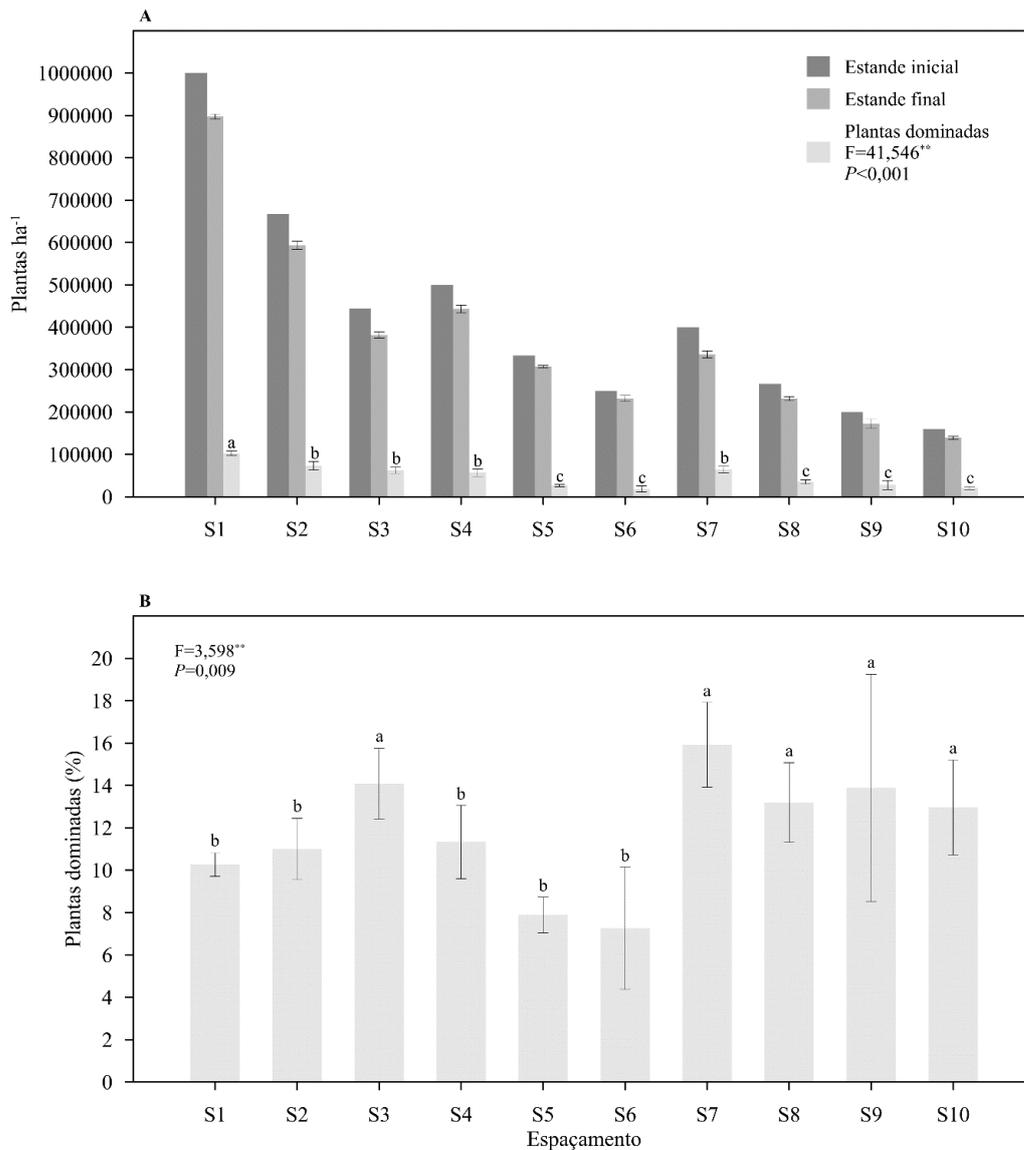


Figura 4. Estande inicial, estande final, número de plantas dominadas (A) e porcentagem de plantas dominadas (B) de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em diferentes espaçamentos e colhidas aos 180 DAS em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Barras de mesma cor seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Nota: * significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns não significativo

A densidade de plantas foi o fator determinante para o rendimento final da biomassa da parte aérea e da fibra. A maior produtividade de biomassa (Figura 2A, 2B, 2C) observada nos espaçamentos com menor adensamento foi compensada pela maior densidade de plantas no estande final. Dentro do intervalo de espaçamentos praticados nesse trabalho, o aumento da densidade de cultivo resultou em ganho de biomassa final dos componentes da parte aérea e de fibra.

O agrupamento das médias para as variáveis de RMSPA, RMSC e RMSNC seguiram a tendência da maior para a menor densidade de cultivo (Tabela 4). No primeiro grupo foram alocados os espaçamentos S1 e S2 (densidade de 100 a 67 plantas m^{-2}), com os maiores rendimentos de massa seca da parte aérea, caule e núcleo do caule. No segundo agrupamento de médias estão os espaçamentos S3, S4 e S5 (densidade de 50 a 33 plantas m^{-2}). O terceiro grupo foi formado pelos espaçamentos S6, S7 e S8 (40 a 25 plantas m^{-2}). No quarto agrupamento de médias estão os espaçamentos S9 e S10 (20 a 16 plantas m^{-2}), com as menores médias (Tabela 4). Uma exceção é o espaçamento S7 (40 plantas m^{-2}), com maior densidade de plantas que o espaçamento S5 (33 plantas m^{-2}). Essa perda de biomassa no espaçamento S7 em comparação ao S5 foi ocasionado, em parte, pela diferença de produtividade (Figura 2) e pela maior ocorrência de plantas dominadas e a maior redução percentual no estande final observados no espaçamento S7 (Figura 4). O aumento da retangularidade no espaçamento S7 (25x10 cm) pode ter ocasionado maior competição entre as plantas na linha de plantio, aumentando assim o número de plantas dominadas, o que contribuiu significativamente para a redução do estande final (van de Werf et al., 1995).

O rendimento de matéria seca da parte aérea observada no espaçamento S1 (31.760 kg ha^{-1}) é relativamente alto quando comparada com outras plantas liberianas como a juta (Mukul et al., 2021) e do cânhamo (Tang et al., 2022), o que destaca a malva como uma boa opção de cultura para produção de biomassa. O núcleo do caule corresponde a 60% da biomassa da parte aérea (Tabela 3) e pode ser aproveitado para produção de energia, fabricação de painéis aglomerados, produção de celulose, como cama para animais e cobertura do solo (Azzini et al., 1993; Crini et al., 2020; Rahman et al., 2024). Além disso, a grande quantidade de liteira depositado sobre o solo (1.793 a 3.100 kg ha^{-1}) durante o ciclo de cultivo é uma importante fonte de matéria orgânica para o solo, podendo ser utilizada como cultura sucessional ou planta de cobertura.

O maior rendimento de fibra seca (RMSFi) e de fibra com umidade de 13,5% (RFi-13,5) foi obtido no S1, com médias de 6.520 e 7.529 kg ha^{-1} , respectivamente. Os tratamentos S2 e S4 formaram um grupo com a segunda melhor média de rendimento. O terceiro agrupamento tem o maior número de tratamentos, incluindo os espaçamentos S3, S5, S6, S7 e S8, com médias que variam de 2.401 a 3.582 e 2.770 a 4.131 kg ha^{-1} para RMSFi e RFi-13,5, respectivamente. O menor rendimento de fibra foi observado nos espaçamentos S9 e S10 (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de rendimento de malva (*Urena lobata* L.) cultivada sob diferentes espaçamentos em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM

Trat.	Rendimento (kg ha ⁻¹)						
	RMSPA	RMSC	RMSCa	RMSNC	RMSFi	RFi-13,5	RMSL
S1	31.760 a	28.692 a	8.924 a	19.768 a	6.520 a	7.529 a	2.979 a
S2	26.628 a	23.207 a	6.943 b	16.264 a	4.917 b	5.668 b	3.015 a
S3	22.142 b	19.428 b	6.272 b	13.155 b	3.582 c	4.131 c	2.691 a
S4	21.462 b	18.562 b	5.889 b	12.672 b	4.493 b	5.184 b	3.100 a
S5	20.632 b	16.730 b	5.336 b	11.393 b	3.259 c	3.754 c	2.921 a
S6	14.680 c	12.819 c	3.131 c	9.688 c	2.401 c	2.770 c	3.008 a
S7	16.918 c	14.164 c	4.213 c	9.951 c	2.611 c	3.017 c	2.756 a
S8	15.714 c	13.310 c	3.664 c	9.646 c	2.717 c	3.137 c	2.788 a
S9	9.466 d	7.825 d	2.076 d	5.749 d	1.274 d	1.470 d	1.793 b
S10	6.071 d	5.237 d	1.619 d	3.618 d	1.156 d	1.336 d	2.573 a
F	13,392**	12,308**	14,086**	6,868**	21,337**	21,079**	3,153*
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018
Média	18.547	15.997	4.807	11.190	3.293	3.800	2.762
C.V. (%)	19,57	21,46	21,99	23,59	18,9	19,02	13,37

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). C.V. = coeficiente de variação; RMSPA= rendimento de massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹); RMSCa= rendimento de massa seca da casca (kg ha⁻¹); RMSNC= rendimento de massa seca do núcleo do caule (kg ha⁻¹); RMSFi= rendimento de massa seca de fibra (kg ha⁻¹); RFi-13,5= rendimento de fibra com umidade corrigida para 13,5% (kg ha⁻¹); RMSL= rendimento de massa seca da liteira (kg ha⁻¹).

Considerando os mesmos espaçamentos, o rendimento de fibra de malva observado nesse trabalho é superior aos relatados por Crane e Acuna (1945) e Harris (1986) e equivalente aos achados de Silva et al. (1989) e Cruz et al. (2025). No entanto, o rendimento observado nos espaçamentos mais adensados (S1, S2 e S4) é muito superior aos relatados na literatura para malva e outras espécies liberianas, como a juta e o cânhamo. Esses achados são inéditos e importantes porque demonstram que o cultivo da malva em Latossolo de baixa fertilidade é agronomicamente viável. Além disso, constatou-se que a cultura responde positivamente ao aumento na densidade de plantio nos arranjos espaciais trabalhados, obtendo-se melhores resultados de rendimento de biomassa e fibra com o aumento na densidade de plantas até 100 plantas m⁻².

4 CONCLUSÃO

O cultivo de malva em ambiente de terra firme demonstrou viabilidade agrônômica, com rendimento de fibra influenciado significativamente pelo espaçamento de plantio adotado. O aumento da densidade de plantio influencia no diâmetro do caule e na produtividade individual de matéria seca da parte aérea e aumenta a proporção caule/parte aérea, mas não altera a altura da planta e a produtividade individual de fibra. A produtividade de biomassa e fibra seca é maior na colheita com 180 dias após a semeadura em relação à colheita com 150 dias. A densidade de 100 plantas m⁻² no espaçamento de 10x10 cm proporciona um considerável rendimento de biomassa e de fibra, com média superior às registradas na literatura para cultura da malva e outras espécies liberianas. Esses achados são inéditos e evidenciam o potencial do cultivo de malva em áreas de terra firme como alternativa à produção tradicional em áreas de várzea, contribuindo para a reestruturação da cadeia produtiva de fibras naturais na região amazônica e promovendo a inclusão de novos agricultores no sistema de produção.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AMADUCCI, S.; ERRANI, M.; VENTURI, G. Plant Population Effects on Fibre Hemp Morphology and Production. **Journal of Industrial Hemp**, v. 7, n. 2, p. 33–60, 2002. DOI: https://doi.org/10.1300/j237v07n02_04

AMADUCCI, S.; SCORDIA, D.; LIU, F. H.; ZHANG, Q.; GUO, H.; TESTA, G.; COSENTINO, S. L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, v. 68, p. 2-16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>

ARNHOLD, E. **Easyanova**: Analysis of Variance and Other Important Complementary Analyses [dataset], 2012. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI: <https://doi.org/10.32614/cran.package.easyanova>

AZZINI, A.; SALGADO, A. L. DE B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A. A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 27-32, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0006-87051993000100004>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 150 de 11 de junho de 1982**. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=369425393>>. Acesso em: 05 mar. 2025.

CAMPIGLIA, E.; RADICETTI, E.; MANCINELLI, R. Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment. **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 246-254, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.022>

CRANE, J. C.; ACUNA, J. B. Effect of Planting Rate on Fiber Yield of *Urena Lobata* L. as Compared with Kenaf, *Hibiscus Cannabinus* L.1. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 245-250, 1945. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1945.00021962003700040001x>

CRINI, G.; LICHTFOUSE, E.; CHANET, G.; MORIN-CRINI, N. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, n. 5, p. 1451-1476. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>

CRUZ, J. F.; CASTRO, A. P.; BRITO, W. B. M.; GOMES, L. M.; GUIMARÃES, E. D.; COSTA, J. G. J.; FREITAS, I. B. C. Spacing for malva fiber production (*Urena lobata* L.) in a floodplain area in Amazonas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 49, p. 49:e005525, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202549005525>.

FERREIRA E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt**: Pacote Experimental Designs (Português) [dataset], 2021. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI: <https://doi.org/10.32614/cran.package.expdes.pt>

GNASSIRI WEDAÏNA, A.; PIZZI, A.; NZIE, W.; DANWE, R.; KONA SIHAM AMIROU, N.; SEGOVIA, C.; KUENY, R. Performance of Unidirectional Biocomposite Developed with Piptadeniastrum Africanum Tannin Resin and *Urena lobata* Fibers as Reinforcement. **Journal of Renewable Materials**, v. 9, n. 3, p. 477-493, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.012782>

GOLAN, G.; WEINER, J.; ZHAO, Y.; SCHNURBUSCH, T. Agroecological genetics of biomass allocation in wheat uncovers genotype interactions with canopy shade and plant size. **New Phytologist**, v. 242, n. 1, p.107-120, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19576>

GONÇALVES, F. A.; AMARAL, E. L.; LOPES, J. L.; LOPES, B. L.; RIBEIRO, L. D.; BRABO, D. R.; AMARANTE, C. B. Fibras Vegetais: aspectos gerais, aproveitamento, inovação tecnológica e uso em compósitos. **Espacios**, v. 39, n. 0798, p. 1015, 2018.

HARRIS, P. J. C. Effect of row spacing on growth, fibre yield and fruit yield of *Urena lobata* in Sierra Lean. **Jute Development Journal**, n. 1, p. 1-5, 1986.

HASAN, K.; RAHMAN, S.; HABIB, MD. A. B.; TANJIL, M. A sustainable approach to utilize an agro-based weedy plant “*Urena lobata*” in blend yarn manufacturing in short-staple

ring spinning. **Cellulose**, v. 30, n. 15, p. 9815-9827, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05465-5>

HOLALU, S. V.; REDDY, S. K.; FINLAYSON, S. A. Low Red Light:Far Red Light Inhibits Branching by Promoting Auxin Signaling. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 5, p. 2028-2036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10253-7>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2023**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 03 mar. 2025.

IQBAL, N.; MANALIL, S.; CHAUHAN, B. S.; ADKINS, S. W. Efeito do espaçamento estreito entre linhas e da duração da competição de plantas daninhas sobre a produtividade do algodoeiro. **Arquivos de Agronomia e Ciência do Solo**, v. 68, n. 3, p. 355-367, 2020. DOI: <https://doi-org.ez2.periodicos.capes.gov.br/10.1080/03650340.2020.1836344>

KENGOH, J. B.; PETER ETAPE, E.; VICTORINE NAMONDO, B.; FOBA-TENDO, J.; NAFU, Y. R.; FABIEN, B. E. Influence of *Urena lobata* Fibre Treatment on Mechanical Performance Development in Hybrid *Urena lobata*: Fibre/Gypsum Plaster Composites. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2021, n. 1, p. 5514525, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5514525>

LIVINGSTONE, H.; ANG, T. N.; YUAN, X.; SWANEPOEL, Q.; KERCKHOFFS, H. Analysis of inter-nodal properties of two industrial hemp cultivars (Fasamo and Ferimon 12) and their relationships with plant density and row spacing. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114880, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114880>

MATHIAS, S. L.; DE ASSUMPCÃO PEREIRA-DA-SILVA, M.; DE ALMEIDA LUCAS, A.; DE MENEZES, A. J. Potential application of cellulose nanocrystals obtained from cultivated fibers in Amazon forest. **Industrial Crops and Products**, v. 187, p. 115426, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115426>

MUKUL Md. M.; AKTER, N.; MOSTOFA, M. G.; AHMED, S. S. U.; NUR, I. J.; AL-MAMUN, M.; RASHID, M. H. O. Analyses of Genetic Variability, Character Association, Heritability and Genetic Advance of Tossa Jute (*Corchorus olitorius*) Genotypes for Morphology & Stem Anatomy. **American Journal of BioScience**, v. 8, n. 4, p. 99-112, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ajbio.20200804.12>

MUKUL, Md. M.; AKTER, N.; ISLAM, M. M.; BHUIYAN, Md. S. H.; MOSTOFA, Md. G.; GHOSH, R. K.; SAHA, C. K.; ALI, Md. A. Morpho-phenetical study of high yielding tossa jute variety BJRI Tossa Pat 7 (MG-1) for bast fibre yield and qualities. **Heliyon**, v. 7, n. 10, p. e08129, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08129>

PEREIRA, M. L.; HALL, A. J. Sunflower oil yield responses to plant population and row spacing: vegetative and reproductive plasticity. **Field Crops Research**, v. 230, p. 17-30, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.09.014>

RAHMAN, S.; HASAN, K.; REPON, MD. R.; HAQUE, Md. M. Preparation and characterization of handsheet using cellulose based Agri-weed: A sustainable utilization of

Urena Lobata fiber. **Heliyon**, v. 10, n. 7, p. e29170, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29170>

SADRMANESH, V.; CHEN, Y. Bast fibres: structure, processing, properties, and applications. **International Materials Reviews**, v. 64, n. 7, p. 381-406, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09506608.2018.1501171>

SANDLER, L.; NELSON, K. A.; DUDENHOEFFER, C. Winter Wheat Row Spacing and Alternative Crop Effects on Relay-Intercrop, Double-Crop, and Wheat Yields. **International Journal of Agronomy**, v. 2015, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/369243>

SASI KUMAR, M.; SATHISH, S.; MAKESHKUMAR, M.; GOKULKUMAR, S. Experimental studies on water absorption and mechanical properties of *Hibiscus sabdariffa* (Roselle) and *Urena lobata* (Caesar weed) plant Fiber-Reinforced hybrid epoxy composites: effect of weight fraction of nano-graphene fillers. **International Polymer Processing**, v. 39, n. 1, p. 59-69, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1515/ipp-2023-4398>

SEWITZ, C.; KEMPE, A.; NEINHUIS, C.; MANDOMBE, J. L.; BRANQUIMA, M. F.; LAUTENSCHLÄGER, T. Almost Forgotten Resources – Biomechanical Properties of Traditionally Used Bast Fibers from Northern Angola. **BioResources**, v. 11, n. 3, p. 7595-7607, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.11.3.7595-7607>

SILVA, J. F.; CORREA, J. R. V.; MOTA, M. G. C. **Obtenção de cultivares de malva sem dormência nas sementes com boa produção e boa qualidade de fibra**. (EMBRAPA-CPATU, Belém, 1989. (Pesquisa em andamento, 155). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/374169>>. Acesso em: 05 mar. 2025.

van der WERF, H. M. G.; van GEEL, W. C. A.; van GILS, L. J. C.; HAVERKORT, A. J. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). **Field Crops Research**, v. 42, n. 1, p. 27-37, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00017-k](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00017-k)

**CAPÍTULO 3 – ADUBAÇÃO FOSFATADA AUMENTA POTENCIALMENTE O
CRESCIMENTO E A PRODUTIVIDADE DE FIBRA DE *Urena lobata* L. EM
LATOSSOLO P-DEFICIENTE NO AMAZONAS**

RESUMO

A malva (*Urena lobata* L.) é a principal espécie cultivada para produção de fibras liberianas no Brasil. Seu cultivo é tradicionalmente realizado por produtores familiares nas várzeas dos rios Solimões e Amazonas, sujeito à sazonalidade do regime das enchentes e vazantes dos rios que, aliado a outros fatores de ordem social, tem causado a decadência da cadeia produtiva, demandando maior importação do produto de países como a Índia e Bangladesh. Uma alternativa para aumentar a produção de fibra é seu cultivo em terras não inundáveis, em ambientes agronomicamente manejados. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos da calagem e do fornecimento de P na adubação de plantio sobre a produção de matéria seca e fibra de malva num Latossolo Vermelho Amarelo no estado do Amazonas. O experimento foi realizado em área de terra firme na região do município de Manaus onde foram testados cinco níveis de calagem e seis níveis de adubação fosfatada, no esquema de parcelas subdivididas. Os resultados obtidos são inéditos e mostraram que a produção de fibra de malva em área de terra firme é viável com o uso de calagem e adubação, mas que adição de fósforo na adubação de plantio é fundamental para o crescimento e produção de fibra em solo deficiente em P. A calagem melhora o crescimento e aumenta a produtividade de fibra, mas também aumenta a exigência de fósforo devido o efeito da interação. A combinação da calagem com 2,3 t ha⁻¹ com adubação fosfatada de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tem melhor eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura, com um potencial de produzir 3.469 kg ha⁻¹ de fibra seca.

Palavras-chaves: Malva. Calagem. Fósforo. Características morfológicas. Rendimento de fibra.

PHOSPHATE FERTILIZATION SIGNIFICANTLY ENHANCES GROWTH AND FIBER YIELD OF *Urena lobata* L. IN P-DEFICIENT FERRALSOL IN AMAZONAS STATE, BRAZIL

ABSTRACT

Malva (*Urena lobata* L.) serves as the principal species for bast fiber production in Brazil, predominantly cultivated by family farmers in the floodplains of the Solimões and Amazon Rivers. This cultivation is inherently affected by the seasonal fluctuations of riverine floods, alongside various socio-economic factors, leading to a decline in the production chain and a consequent rise in imports from countries such as India and Bangladesh. To address the challenge of insufficient fiber production, we propose cultivating malva on non-floodable, agronomically managed lands. The aim of this was to assess the effects of liming and phosphorus fertilization at planting on the dry matter and fiber yield of malva within a Ferralsol in the state of Amazonas. The experiment was conducted in a *terra firme* area (non-flooded upland soils) in the Manaus region utilizing a split-plot design to evaluate five levels of liming in conjunction with six levels of phosphorus fertilizer. The results of this investigation are unprecedented and indicate the feasibility of malva fiber production in *terra firme* settings, facilitated by the implementation of liming and adequate fertilization. Nonetheless, the incorporation of P during planting is critical for enhanced growth and fiber yield in soils P-deficient. While liming enhances vegetative growth and fiber yield, it simultaneously elevates phosphorus demand due to their interaction effect. Optimal agronomic efficiency and crop response were attained with a liming application of 2.3 t ha⁻¹ coupled with a phosphate fertilization rate of 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅, yielding an impressive potential of 3,469 kg ha⁻¹ of dry fiber.

Keywords: Malva. Liming. Phosphorus. Morphological Characteristics. Fiber yield.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de fibras liberianas é concentrada na região Norte, sendo o estado do Amazonas responsável por 70% da produção nacional. A malva (*Urena lobata* L.) é a principal espécie cultivada para produção desse tipo de fibra, representando 98% da produção (IBGE, 2025). Seu cultivo é tradicionalmente realizado por agricultores familiares em áreas de várzeas dos rios Solimões e Amazonas, em solo de alta fertilidade. O ciclo de cultivo é sujeito à sazonalidade devido aos períodos de cheia e vazante dos rios, gerando problemas na produção, como a perda de plantios nos anos de enchentes severas, ou o aumento no custo de produção nos anos em que o nível das águas fica abaixo da média, ou quando a vazante ocorre mais rápida que o normal.

Além da sazonalidade, fatores como o baixo investimento em tecnologia nos sistemas de cultivo e a escassez da mão de obra tem levado ao declínio da cadeia produtiva da malva (Ferreira; Homma, 2023). De acordo com dados do IBGE (2025), nos últimos 20 anos, a produção anual diminuiu de 20 mil para 3 mil toneladas de fibra. Essa quantidade supre menos de 30% da demanda nacional, sendo o restante importado de países como a Índia e Bangladesh (Conab, 2025). Uma possível solução para ampliar a produção e, futuramente diminuir a dependência de importação, é a expansão do cultivo para as áreas não inundáveis, regionalmente chamadas de “terra firme”, em sistemas agronomicamente manejados.

Dentro do estado do Amazonas, os Latossolos e Argissolos são as classes de solos predominantes, somando 70% do território (IBGE, 2019). Em contraste aos solos de várzeas do Solimões/Amazonas que possuem altos teores de Ca e Mg trocáveis, são eutróficos e contêm argilominerais de alta atividade (Lima et al., 2006), as áreas de terra firme são naturalmente deficientes em nutrientes, representando o maior obstáculo agrícola do tipo convencional (Alfaia; Falção, 1993). Esses solos são altamente intemperizados, muito argilosos, caulíníticos, possuem alto nível de acidez, com altas concentrações de Al e Fe e baixos teores de Ca, Mg, K e P disponível (Moreira; Fageria, 2009; Silva et al., 2021). Nessas condições, o P se torna o principal nutriente limitante para a agricultura nessas terras, pois sua baixa disponibilidade natural e alta imobilização devido à precipitação como fosfato de Fe e Al, ou à quimissorção em óxidos de Fe e Al e minerais de argila, limitam severamente a reserva disponível desse nutriente para as plantas (Fageria; Beligar, 2008; Falção; Silva, 2004).

A disponibilidade de P nos solos intemperizados é amplamente relatada como sendo o principal fator que limita a produtividade das culturas agrícolas. Em muitas culturas, a baixa disponibilidade de P no solo leva a um quadro de deficiência de P na planta, diminuindo a

eficiência fotossintética e a taxa respiratória (Corrêa et al., 2022; Verlinden et al., 2022), além de limitar o desenvolvimento da parte aérea e raízes (Chen et al., 2021). As espécies vegetais respondem diferencialmente aos efeitos da disponibilidade de P no solo. Os impactos da deficiência de P no crescimento das plantas dependem do grau de exigência desse nutriente e das adaptações morfológicas e fisiológicas que as plantas desenvolveram para melhorar a absorção em ambientes deficientes de P (Liu, 2021). A eficiência de absorção e a utilização de P, além de outros nutrientes como o Ca e Mg sob condições de calagem e adubação, varia em função da cultura agrícola (Yoshida; Kitou, 1995). Em culturas com baixa eficiência de absorção de P, o suprimento via adubação aumenta a produtividade da biomassa da parte aérea, melhora os parâmetros fisiológicos da planta (Islam et al., 2023; Zhao et al., 2023) e influencia na absorção e acúmulo de outros nutrientes como o Ca, Mg, K, Na e N (Corrêa et al., 2022; Li et al., 2004; Reinbott; Blevins, 1991).

As informações sobre nutrição e adubação da malva são escassas na literatura. Em um trabalho pioneiro, Viégas et al. (2019) estudaram a exigência nutricional da malva em solução nutritiva, através da técnica do elemento faltante, indicando que o Ca, N e B são os principais elementos limitantes para o desenvolvimento da parte aérea. Nesse estudo, o P foi identificado apenas como o quinto nutriente mais limitante. No entanto, não se sabe se a planta é eficiente na absorção e no uso de P em ambiente deficiente desse nutriente, e se o fornecimento de P via adubação promove o crescimento significativo em condições de cultivo. Portanto, este trabalho objetivou avaliar os efeitos da calagem e do fornecimento de P na adubação de plantio sobre a produção de matéria seca e fibra de malva num Latossolo Vermelho Amarelo no estado do Amazonas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização ambiental

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM), localizada na BR-174, km 922, município de Manaus, AM. O clima da região é classificado como tropical chuvoso do tipo Af, segundo classificação de Köppen, com precipitação anual de 2.420 mm e temperatura média de 26,4 °C (Alvares et al., 2013).

O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, tem textura argilosa, é ácido, possui baixos teores de N, P, K, Ca, Mg, baixa saturação por bases e elevada saturação por alumínio (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo na camada de 0-20 cm de profundidade

Areia	Silte	Argila	pH	Al ³⁺	H+Al	T
----- % -----			H ₂ O	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
13,9	13,3	72,8	5,01	0,7	4,52	4,85
V	m	K	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO
----- % -----		----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmol _c dm ⁻³ -----		g kg ⁻¹
6,09	68,35	21,0	1,0	0,15	0,09	19,6
MO	N	Fe	Zn	Cu	Mn	B
----- g kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----				
33,8	1,56	192,0	0,52	0,28	1,43	0,35

pH em água (relação 1:2,25); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extração por KCl; H+Al: extração por acetato de cálcio a pH 7,0; P, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extração por Mehlich-1; B: extração com água quente; MO: matéria orgânica (CO x 1,724 – Walkley-Black); V: porcentagem de saturação por bases; m = porcentagem de saturação por alumínio.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, em parcela subdividida no esquema de 5x6, com 30 tratamentos em três repetições, totalizando 90 unidades experimentais. Os tratamentos na parcela foram cinco níveis de calagem: C₀ – sem calagem; C_{2,3} – 2,3 t ha⁻¹; C_{2,8} – 2,8 t ha⁻¹; C_{3,3} – 3,3 t ha⁻¹; C_{3,8} – 3,8 t ha⁻¹. Os tratamentos na subparcela consistiram em seis níveis de adubação fosfatada na adubação de plantio, na forma de P₂O₅: P₀ = sem adubação; P₅₀ = 50 kg ha⁻¹; P₁₀₀ = 100 kg ha⁻¹; P₁₅₀ = 150 kg ha⁻¹; P₂₀₀ = 200 kg ha⁻¹; P₂₅₀ = 250 kg ha⁻¹. O segundo nível de calagem (C_{2,3}) foi definido considerando a elevação da saturação por bases do solo para 50%, de acordo com a equação 1 (Fageria & Beligar, 2008), sendo os níveis seguintes equidistantes em 500 kg ha⁻¹.

$$QC = \left[\frac{CTC_{pH7}(V_2 - V_1)}{PRNT} \right] \times df \quad (1)$$

Em que: QC = quantidade de calcário (em t ha⁻¹); CTC_{pH7} = capacidade de troca catiônica do solo calculada pela soma dos teores de K, Ca, Mg e Al+H (em cmol_c dm⁻³); V₂ = saturação de bases desejada no solo, de acordo com a cultura agrícola e tipo de solo; V₁ = saturação de bases atual no solo; df = fator de profundidade (1 para 20 cm e 1,5 para 30 cm de profundidade); PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário utilizado.

Para a calagem foi utilizado calcário dolomítico, com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 92% e teores de CaO e MgO de 38% e 15%, respectivamente. O calcário foi incorporado na profundidade de 20 cm. Para a adubação fosfatada foi utilizado o superfosfato triplo, com 46% de P₂O₅. A parcela consistiu numa área de 5 x 10 m (50 m²), que foi subdividida em áreas menores de 2 x 2,5 m (5 m²), que compõem a subparcela.

2.3 Condução do experimento

A área do experimento foi preparada em outubro de 2023, com duas operações de gradagem, seguida da aplicação do calcário nas faixas de calagem, de acordo com cada tratamento. Em seguida, o calcário foi incorporado na profundidade de 20 cm com grade aradora.

A semeadura foi realizada em fevereiro de 2024 que corresponde ao período de chuvas na região de Manaus, no espaçamento de 20x15 cm, com o auxílio de uma plantadeira adubadeira manual, regulada para liberar 6 sementes por cova e quantidade de adubo de acordo com os tratamentos. A adubação de plantio foi calculada considerando as doses de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 80 kg ha⁻¹ de K₂O, 1,5 kg ha⁻¹ de boro e a quantidade de P₂O₅ correspondente para cada tratamento. Para compor a mistura foram utilizados os adubos ureia, cloreto de potássio, FTE-BR12 e superfosfato triplo para fornecer N, K₂O, B e P₂O₅, respectivamente. O desbaste foi realizado 30 dias após a semeadura, deixando-se apenas uma planta por cova.

2.4 Avaliação do experimento

Todos os dados foram coletados na ocasião da colheita, a qual ocorreu no mês de julho de 2024, aos 150 dias após a semeadura, no início da floração. As variáveis analisadas foram divididas em três compartimentos: variáveis morfológicas; relações entre nutrientes no solo e na planta; variáveis de produtividade. Para avaliação das variáveis morfológicas e de produtividade de matéria seca e de fibra foram colhidas 10 plantas localizadas nas duas linhas centrais de cada parcela. As plantas foram cortadas ao nível do solo com o auxílio de uma tesoura de poda, e imediatamente levadas para um abrigo construído para aferição das variáveis morfológicas e separação da biomassa da parte aérea em três compartimentos: folha, casca e núcleo do caule.

As características morfológicas avaliadas foram o comprimento do caule (CC), diâmetro basal do caule (DC), número de galhos (NG) e índice de área foliar (IAF). Para CC, DC e NG foram avaliadas todas as dez plantas colhidas. O CC foi obtido medindo-se o comprimento entre a base do caule até a inserção da última folha, com o auxílio de uma régua graduada em centímetro. O DC foi medido a 5 cm da base do caule, utilizando-se um paquímetro digital com precisão 0,01 mm. Para determinação do NG foram contados todos os galhos formados ao longo do caule de todas as plantas individualmente. Para estimativa do IAF, todas as folhas de uma planta por parcela foram coletadas em sacos plásticos e, em seguida, armazenada em ambiente refrigerado. O escaneamento foi realizado em impressora multifuncional numa resolução de 150 ppi, e o cálculo da área foliar estimado no programa ImageJ[®]. Após aferição da área foliar,

as amostras foram levadas para estufa e secadas na temperatura de 65 °C por 72 horas. Com os dados da área foliar e a massa seca das folhas, foi desenvolvida uma equação de regressão linear (Equação 2) para estimar a área foliar média de cada parcela em função de uma amostragem maior realizada em cinco plantas para estimativa da massa seca de folha.

$$\hat{Y}_{AF}=24,2+180,9x \quad (R^2=0,85) \quad (2)$$

Em que: \hat{Y}_{AF} = estimativa da área foliar em função da massa seca de folha (cm²); x = massa seca de folha (g); R² = coeficiente de determinação.

O IAF (Eq. 3) foi obtido pela razão entre a área foliar média e a área da superfície do solo ocupada pelas plantas, que equivale ao espaçamento adotado neste trabalho, 20x15 cm.

$$IAF = \frac{\hat{Y}_{AF}}{ELXEP} \quad (3)$$

Em que: IAF = índice de área foliar (cm² cm⁻²); \hat{Y}_{AF} = estimativa da área foliar em função da massa seca de folha (cm²); EL = espaçamento entre linhas (20 cm); EP = espaçamento entre plantas (15 cm).

Para avaliação da produtividade de matéria seca da parte aérea foram separadas cinco plantas, das quais foram divididas em casca, núcleo lenhoso e folhas. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa à temperatura de 65 °C por 72 horas.

A média de produtividade de fibra foi obtida a partir da avaliação de cinco plantas de cada parcela. As plantas tiveram galhos e folhas removidos, agrupadas em feixes e etiquetadas de acordo com os tratamentos. Em seguida, foram submersas em viveiros de pi scicultura a uma profundidade de aproximadamente 50 cm para o processo de maceração biológica e posterior extração da fibra. O processo foi monitorado a cada dois dias até que se atingisse o ponto ideal de lavagem da fibra, que ocorreu aos 14 dias após a imersão. Em seguida, as fibras foram lavadas no local e colocadas para secar por três dias em ambiente protegido. A fibra com umidade ambiente foi pesada em balança de precisão (0,001 g) e depois secadas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas para obtenção da massa seca da fibra.

Para avaliação dos teores de nutrientes no solo e na planta foram coletadas amostras de solos e de folhas em cada parcela. O solo foi coletado com trado tipo sonda na profundidade de 0-20 cm. Em cada parcela foram coletadas 4 amostras centralizadas no meio da distância entre plantas equidistantes a 1 m, formando um quadrado. Para análise foliar foram coletadas 4 folhas completamente expandidas e diametralmente opostas, localizadas no terço superior de 5 plantas, totalizando 20 folhas por parcela. As amostras de folhas do tratamento P₀ não foram analisadas devido a uma contaminação do material. As amostras de solo e de tecido foliar foram

enviadas para o laboratório de análise de solo, tecido vegetal e fertilizante da Universidade Federal de Viçosa.

Com as informações dos níveis de adubação fosfatada, produtividade de fibra e teores de fósforo no solo e na folha, foram calculadas a eficiência agrônômica (EA) e a resposta percentual da cultura (RPC) de acordo com as equações 4 e 5, adaptadas de Mazumdar et al. (2023).

$$EA \text{ (kg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5\text{)} = \frac{\text{Produtividade de fibra com P} - \text{Produtividade de fibra sem P}}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ adicionado (kg ha}^{-1}\text{)}} \quad (4)$$

$$RPC \text{ (\%)} = \frac{\text{Produtividade de fibra com P} - \text{Produtividade de fibra sem P}}{\text{Produtividade de fibra sem P}} \times 100 \quad (5)$$

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p < 0,05$) para verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Para as variáveis morfológicas e produtividade de matéria seca, 12 modelos de regressão múltipla foram desenvolvidos com uma combinação de efeitos lineares e quadráticos, com e sem interação das variáveis independentes. Para seleção do melhor modelo de regressão múltipla foi utilizado o Critério de Informatividade de Akaike (AIC), como avaliador da qualidade do ajuste. Para as relações entre os teores de Ca, Mg e P no solo e na folha em função da calagem e adubação fosfatada foi realizada análise de regressão polinomial ($p < 0,05$). As relações entre produtividade de matéria seca da parte aérea e da fibra em função dos teores de Ca, Mg e P no solo e na folha foram analisados pelo coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). As médias das variáveis EA e RPC foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Toda estatística relativa à análise de variância e análise de regressão polinomial e múltipla foi processada no programa RStudio, utilizando-se os pacotes ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021), EasyAnova (Arnhold, 2013) e ExpAnalysis3d (Azevedo, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características morfológicas

As características morfológicas foram influenciadas pela calagem e a adubação fosfatada (Tabela 2), sendo que a adição de fósforo na adubação de plantio foi determinante para o crescimento da cultura, aumentando acentuadamente o comprimento e o diâmetro do

caule (Figura 2). O comprimento do caule apresentou tendência quadrática tanto para calagem quanto para fósforo, podendo ser predito pela equação $Y=29,6+24,6x-3,47x^2+2,22y-4,417x^2+0,0061y^2$, em que x corresponde a quantidade de calcário e y à adubação fosfatada (Figura 1A). Os pontos de máximo obtidos pela derivada primeira da equação indicam que o maior comprimento do caule é alcançado nas doses de 3,54 t ha⁻¹ de calcário e 182 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tabela 2. Análise de variância dos efeitos da calagem e adubação fosfatada sobre as características morfológicas, rendimento de matéria seca, teor de nutrientes na folha, eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura da malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM

Categoria	Variável	C	P	PxC	MG	CV _C	CV _P
		Valor P				%	%
Morfologia	CC (cm)	<0,001	<0,001	0,026	201,41	7,81	6,75
	DB (mm)	<0,001	<0,001	<0,001	10,9	9,65	7,14
	NG (galho planta ⁻¹)	0,194	<0,001	0,074	1,5	29,61	37,14
	IAF	0,044	<0,001	<0,001	3,8	23,62	16,55
Rendimento	MSPA (kg ha ⁻¹)	0,002	<0,001	0,094	15.365	18,43	23,12
	MSC (kg ha ⁻¹)	0,004	<0,001	0,069	13.259	20,42	24,48
	MSCa (kg ha ⁻¹)	<0,001	<0,001	0,04	3.760	15,74	20,92
	MSFi (kg ha ⁻¹)	0,002	<0,001	0,167	2.360	18,56	18,11
Teor na folha	Ca (g kg ⁻¹)	<0,001	0,518	0,193	12,11	19,59	10,76
	Mg (g kg ⁻¹)	<0,001	0,943	0,318	4,01	19,97	13,36
	P (g kg ⁻¹)	0,2	<0,001	0,167	1,23	10,71	6
EA e RPC	EA _C (kg t ⁻¹)	0,032	-	-	267	31,06	-
	RPC _C (%)	0,96	-	-	35,4	23,58	-
	EA _P (kg kg ⁻¹)	-	<0,001	-	21,36	-	12,19
	RPC _P (%)	-	<0,001	-	95,3	-	0,64

CC = comprimento do caule; DB = diâmetro basal do caule; NG = número de galhos (galhos planta⁻¹); IAF = índice de área foliar (m² m⁻²); MSPA = massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹); MSC = massa seca do caule (kg ha⁻¹); MSCas = massa seca da casca (kg ha⁻¹); MSFi = massa seca da fibra (kg ha⁻¹); Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; EA_C = eficiência agrônômica da calagem; RPC_C = resposta percentual da cultura para calagem; EA_P = eficiência agrônômica da adubação fosfatada; RPC_P = resposta percentual da cultura para adubação fosfatada; C = efeito da calagem; P = efeito da adubação fosfatada; CxP = interação dos efeitos da calagem e adubação fosfatada; MG = média geral; CV_C = coeficiente de variação do efeito C (%); CV_P = coeficiente de variação do efeito da adubação fosfatada.

A Figura 2 ilustra o efeito da calagem e da adubação fosfatada na altura da planta. Para todos os níveis de calagem, o tratamento sem P inibiu o crescimento das plantas durante todo o período do experimento, as quais atingiram altura média de 40,7 cm. A estagnação no crescimento das plantas na ausência de P indica que independentemente da quantidade de calcário, N, K e micronutrientes, a adubação com P é fundamental para o crescimento e

desenvolvimento da malva nas condições de solo ácido e de baixa disponibilidade de P. Isso demonstra a dependência da cultura em relação a esse macronutriente nesse tipo de solo.

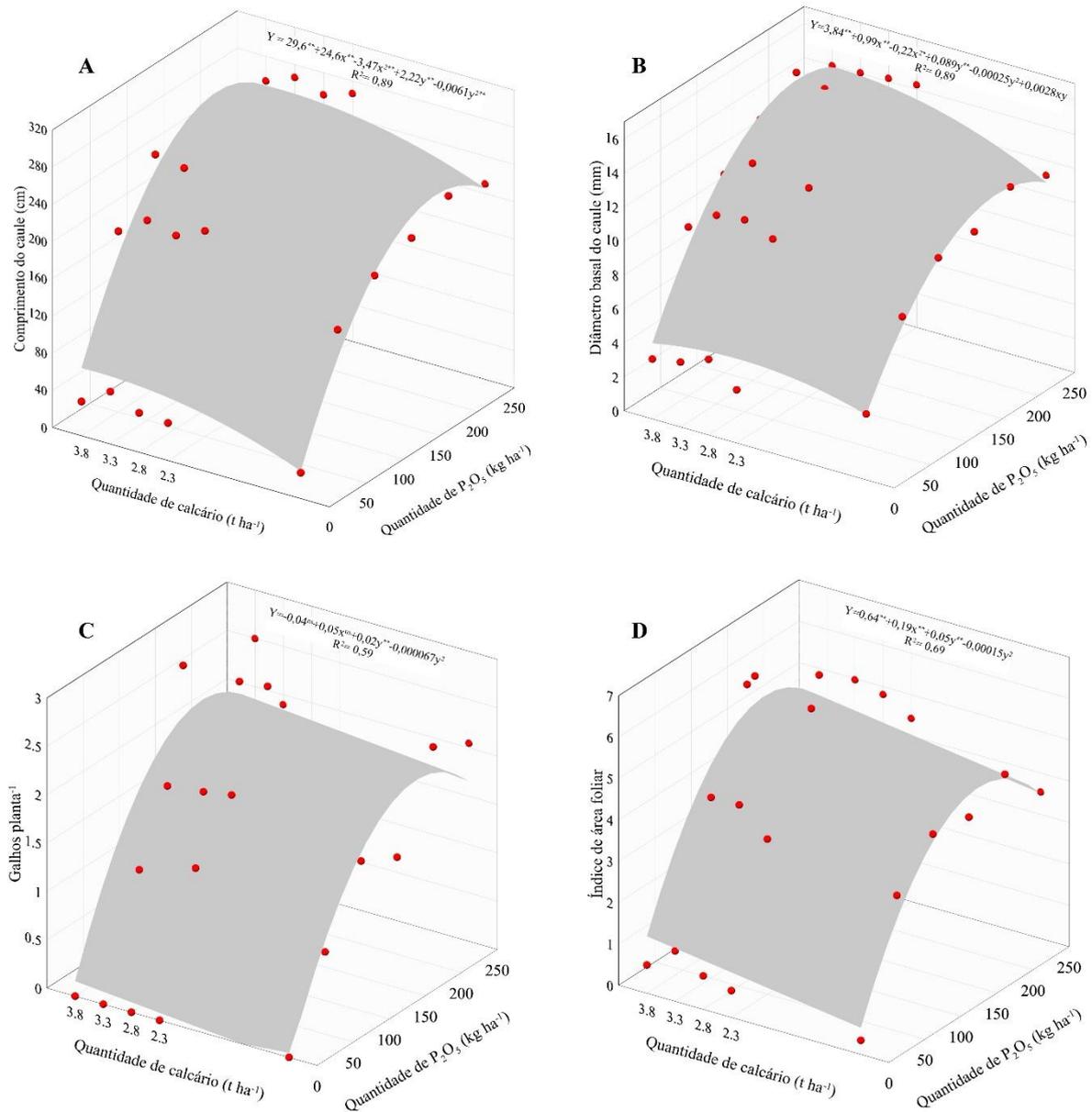


Figura 1. Modelos de regressão múltipla para comprimento (A) e diâmetro do caule (B), quantidade de galhos (C) e índice de área foliar (D) da malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem e adubação fosfatada, cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Nota: x = quantidade de calcário ($t\ ha^{-1}$); y = quantidade de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$); * Significativo a 5%; **significativo a 1%; ^{ns}não significativo a 5%

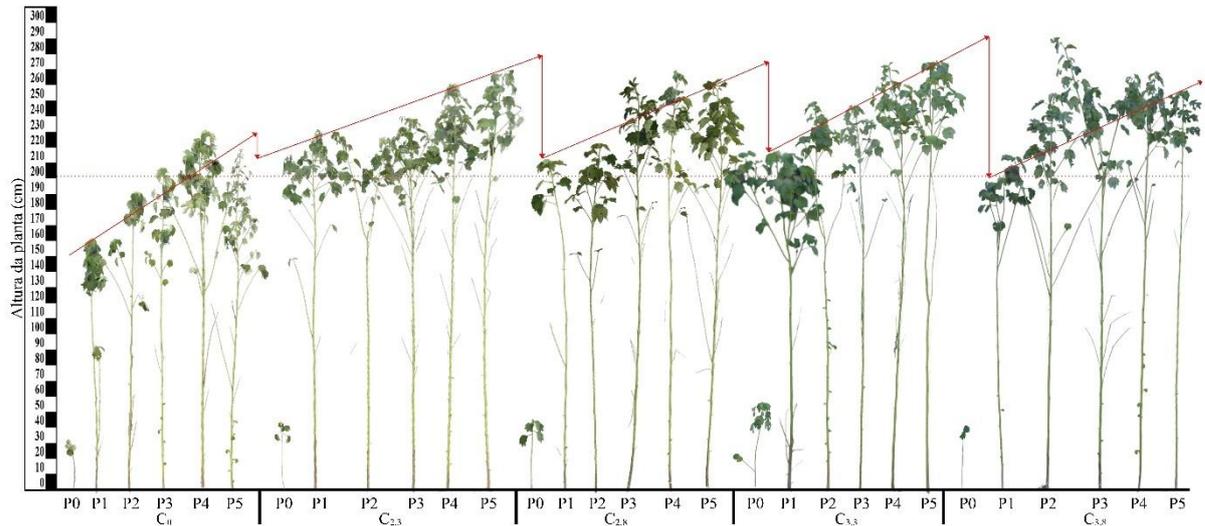


Figura 2. Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a altura da planta de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. As setas indicam a tendência de crescimento em função da adubação fosfatada. A linha pontilhada representa a média geral do experimento. C = níveis de calagem; P = níveis de fósforo

O fósforo é um elemento essencial que desempenha um papel determinante no crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, especialmente no estágio inicial de crescimento (Kim; Li, 2016). A deficiência de P causa vários desarranjos na estrutura fisiológica das plantas, reduzindo a atividade do complexo ATP sintase, inibição do transporte de elétrons, redução da produção de ATP e NADPH, redução na taxa de assimilação de CO₂ e, consequentemente, da fotossíntese, resultando em menor produção de biomassa vegetal (Corrêa et al., 2022). Esse aspecto fisiológico tem reflexo na morfologia das plantas, uma vez que Cartensen et al. (2018) descrevem que a deficiência de P promove alterações nas divisões celulares no meristema e redução nas taxas de mitose, com consequente redução na taxa de crescimento.

O diâmetro basal do caule também variou em função dos níveis de calagem e adubação fosfatada, com aumento em tendência quadrática em função da calagem e adubação fosfatada, além da interação entre os tratamentos, cuja equação é dada por $Y=3,84+0,99x-0,22x^2+0,089y-0,00025y^2+0,0028xy$ (Figura 1B). Assim como observado para o comprimento do caule, a adubação fosfatada foi determinante para o aumento do diâmetro basal do caule. Considerando o efeito da calagem no tratamento P₀, o máximo diâmetro que pode ser alcançado é 4,95 mm para uma calagem de 2,25 t ha⁻¹. Dentro do nível C₀, o platô para a quantidade de P é de 178 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para um diâmetro estimado de 11,8 mm, ou seja, um aumento de 138% em relação ao máximo diâmetro para a melhor dose de calcário.

De acordo com a equação múltipla desenvolvida para o comprimento do caule (Figura 1A), a maior altura que pode ser alcançada com a combinação da calagem (3,54 t ha⁻¹) e adubação fosfatada (182 kg ha⁻¹) é de 275,2 cm. Com essa mesma combinação é possível alcançar um diâmetro basal de 14,3 mm. Esses resultados são superiores aos encontrados por Harris (1986), que observou valores para altura da planta e diâmetro do caule de 227 cm e 12 mm, respectivamente, para malva cultivada em solo de textura argilo-siltosa e adubação de plantio com 60-30-30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O comprimento e diâmetro do caule são características importantes porque determinam a produtividade de fibra, pois quanto maior o comprimento e diâmetro do caule, maior é a área da casca e, conseqüentemente, maior a quantidade de fibra por área cultivada (Das Gupta, 1971). De acordo com McLennon, Charlton e Carson (2024), a altura da planta, representada pelo comprimento do caule, constitui um fator determinante para o rendimento de fibras liberianas. O número de galhos aumentou proporcionalmente com a quantidade de P₂O₅ adicionado ao solo até o platô de 167 kg ha⁻¹ (Figura 1C).

O número de galhos está relacionado com o desenvolvimento da parte aérea, que por sua vez foi fortemente influenciada pela adubação fosfatada. Seguindo a mesma tendência do número de galhos, o índice de área foliar (IAF) foi influenciado linearmente pela quantidade de calcário e de forma quadrática pela quantidade de P₂O₅ (Figura 1D). O máximo IAF é obtido com a adição de 167 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o mesmo platô observado para o número de galhos. O efeito adicional da calagem no IAF é pouco significativo, com incremento de apenas 0,19 por tonelada de calcário, enquanto que a adição de P no solo foi determinante para o aumento do índice de área foliar. O número de galhos e o IAF são muito influenciadas pela genética da planta, que naturalmente é arbustiva. O manejo agrônômico com adensamento populacional força uma mudança na morfologia da parte aérea, aumentando a dominância apical, o que resulta em caules mais compridos, de menor diâmetro, menor número de ramificações e área foliar por planta (Cho et al., 2015; Harris, 1986; Holalu et al., 2021). No entanto, os achados neste estudo indicam que a adubação fosfatada é outro fator ambiental que pode influenciar o volume da parte aérea, alterando o número de galhos e o índice de área foliar.

3.2 Relação entre teores de Ca, Mg e P no solo e na folha e produtividade de matéria seca

A calagem aumentou os teores de Ca na folha até o máximo de 13,61 g kg⁻¹ para uma quantidade de calcário de 3,48 t ha⁻¹. A partir dessa quantidade, o teor de Ca na folha foi decrescente, seguindo a equação de regressão $Y=7,1727+3,6969x-0,5306x^2$ (Figura 3A).

Quando se considera o teor de Ca no solo, a concentração de Ca na folha também seguiu uma tendência quadrática, com platô estimando até 13,83 g kg⁻¹ quando o teor de Ca no solo alcança um valor de 251 mg kg⁻¹ (Figura 3B). A produtividade de massa seca do caule (Figura 3C) e da fibra (Figura 3D) foi positivamente correlacionada com o teor de Ca na folha (Tabela 3), seguindo tendência linear. Portanto, considerando que o acúmulo de Ca na folha em função do teor de Ca no solo tem comportamento quadrático, e que a produtividade de fibra é linear em função da concentração desse elemento na folha, é possível indicar que o manejo da calagem na cultura da malva para produção de fibra tenha como parâmetro a elevação do teor de Ca no solo para valores próximos a 250 mg kg⁻¹, em condições edafoclimáticas semelhantes. Tang et al (2014) citam que na cultura do algodão o cálcio é fundamental para o crescimento das fibras vegetais, estimulando a produção de moléculas reativas de oxigênio (ROS), que são capazes de romper ligações na parede celular, permitindo que ela se expanda durante a alongação da fibra.

Tabela 3. Correlação entre os efeitos da calagem, adubação fosfatada e teores de Ca, Mg e P no solo e na folha com a matéria seca da parte aérea, caule, casca e fibra de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM

	Ca _{solo}	Ca _{folha}	Mg _{solo}	Mg _{folha}	P _{solo}	P _{folha}	MSPA	MSC	MSCa	MSFi
Coeficiente de Pearson										
C	0,93**	0,91**	0,94**	0,91**	0,03**	0,18 ^{ns}	0,45*	0,44*	0,52**	0,47*
AF	-0,12 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,51**	0,71**	0,73**	0,69**	0,73**
Ca _{solo}		0,84**	0,99**	0,84**	-0,03 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,4*	0,34 ^{ns}
Ca _{folha}			0,86**	0,94**	0,1 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,42*	0,41*	0,49*	0,47*
Mg _{solo}				0,86**	-0,04 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Mg _{folha}					0,15 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,47*	0,47*	0,56**	0,52**
P _{solo}						0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}
P _{folha}							0,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,21 ^{ns}

C= calagem; AF= adubação fosfatada; MSPA = massa seca da parte aérea; MSC = massa seca do caule; MSCas = massa seca da casca; MSFi = massa seca da fibra; ^{ns} não significativo a 5%; * significativo a 5%; ** significativo a 1%

O teor de Mg na folha também foi influenciado pela quantidade de calcário adicionada ao solo, seguindo tendência quadrática predita pela equação $Y=2,1481+1,4028x-0,2023x^2$ (Figura 4A), com platô de 4,58 g kg⁻¹ para a quantidade de 3,47 t ha⁻¹ de calcário. O teor de Mg na folha correlacionou-se positivamente com o Mg no solo (Tabela 3), aumentando até o limite de 4,7 g kg⁻¹ para uma concentração de 105,4 mg kg⁻¹ de Mg no solo (Figura 4B).

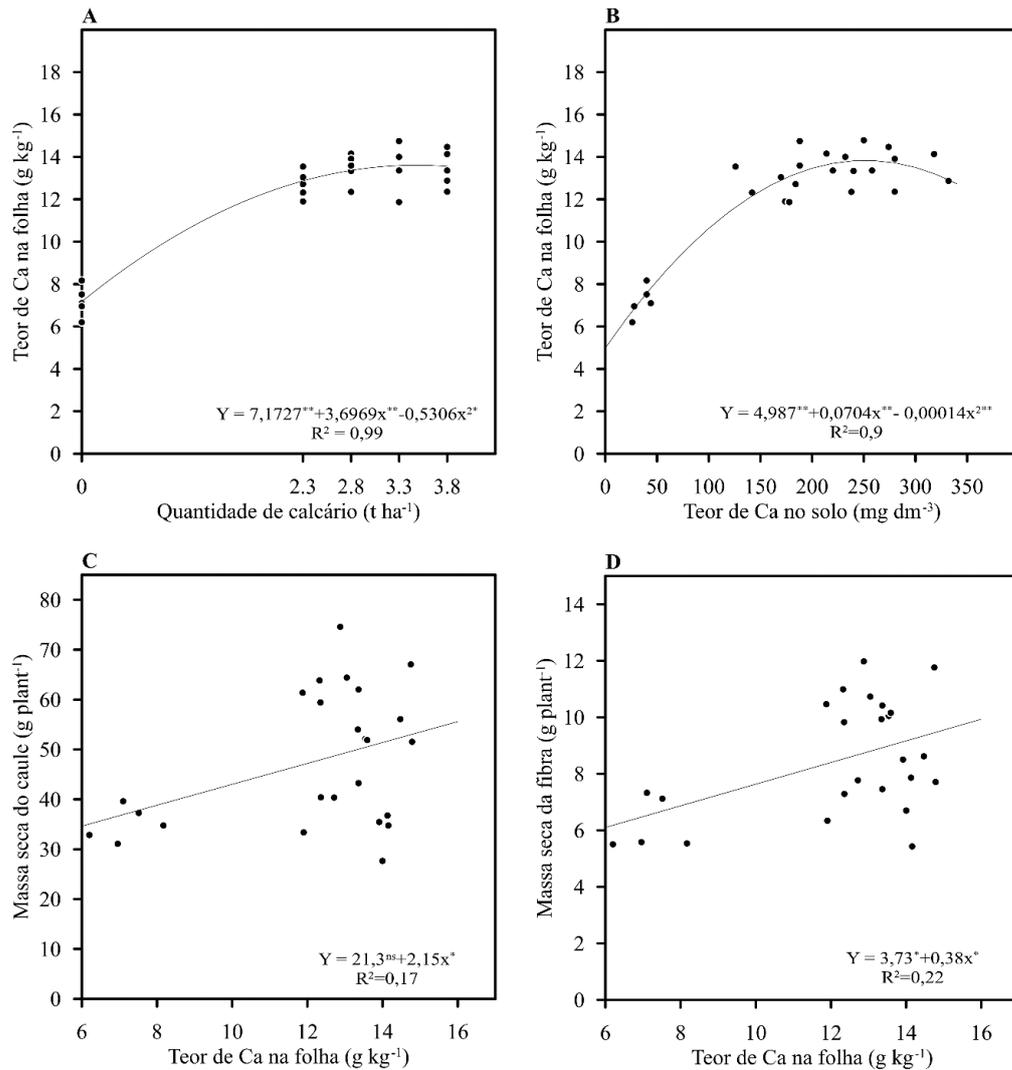


Figura 3. Efeito da calagem sobre os teores de cálcio na folha (A), no solo (B), e produtividade de caule (C) e fibra (D) em função do teor de Ca na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. * significativo a 5%; ** significativo a 1%

A produtividade de massa seca do caule e da fibra se correlacionou positivamente com o teor de Mg na folha, seguindo tendência linear até o máximo acumulado desse nutriente na folha. De forma semelhante à descrita para o Ca, o manejo da calagem na cultura da malva deve elevar o teor de Mg no solo para valores próximos a 105 mg kg^{-1} . Os pontos de máximos obtidos tanto para Ca como Mg são semelhantes aos preditos pela equação de regressão múltipla para a o comprimento do caule ($3,54 \text{ t ha}^{-1}$), observado na Figura 1A, indicando que a quantidade de calcário aproximada de $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ é o limite superior para o bom desempenho da cultura nas condições de solo em que o trabalho foi desenvolvido. Conforme Raij et al. (1997), teores de magnésio no solo em torno de 105 mg kg^{-1} são classificados como altos e, acima desse limite, podem induzir antagonismo com o cálcio, resultando em desequilíbrio na absorção de nutrientes

pelas plantas. Cardoso et al. (2014) verificaram que teores maiores que $13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-1}$ de Mg^{2+} , equivalente a aproximadamente 156 mg kg^{-1} , induzem ao baixo potencial de resposta na produção de matéria seca na pimenta de cheiro, em função da diminuição da eficiência com aumento do conteúdo desse nutriente no solo.

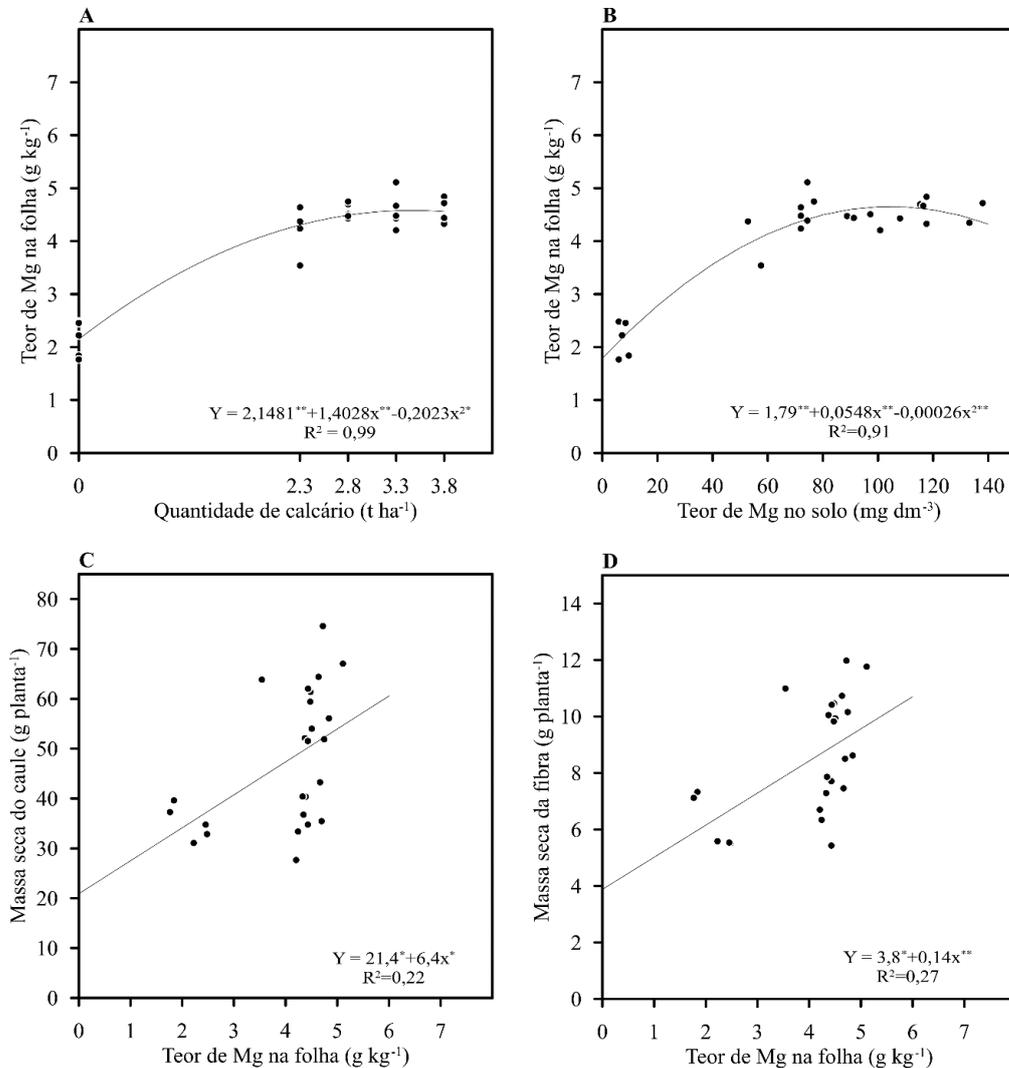


Figura 4. Efeito da calagem sobre os teores de magnésio na folha (A), no solo (B), e produtividade de caule (C) e fibra (D) em função do teor de Mg na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. * significativo a 5%; ** significativo a 1%

O teor de P na folha aumentou com a quantidade de P_2O_5 adicionada no solo, seguindo uma tendência linear dada pela equação $Y = 1,1474 + 0,0006x$ (Figura 5), indicando que nos intervalos de doses utilizadas não há saturação do uso de P, ou seja, a eficiência de absorção (coeficiente linear b) se mantém constante na faixa estudada

Apesar das quantidades de P adicionadas ao solo via adubação, o teor médio de P extraível no solo foi $1,01 \text{ mg dm}^{-3}$. A falta de correlação entre o teor de P na folha e no solo

(Tabela 3), por sua vez, está associada ao baixo nível desse nutriente no solo. No entanto, Silva et al. (2024) afirma que as plantas podem utilizar mecanismos de reserva interna de P que reduzem a correlação entre os teores do solo e da planta (Silva et al., 2024). Nesse sentido, Corrêa et al. (2022) verificaram o incremento de P na folha de mudas de castanha-do-Brasil a partir de uma adubação com 400 mg kg^{-1} de P, o que equivale a 3,7 vezes a máxima adubação praticada nesse trabalho. Os autores verificaram ainda que doses menores, como 100 e 200 mg kg^{-1} de P foram suficientes para aumentar a produtividade da biomassa da parte aérea e melhorar algumas características fisiológicas relacionadas com a produção de biomassa, como o transporte de elétrons, parâmetros de troca gasosa, eficiência de uso de luz e eficiência de uso de nutrientes.

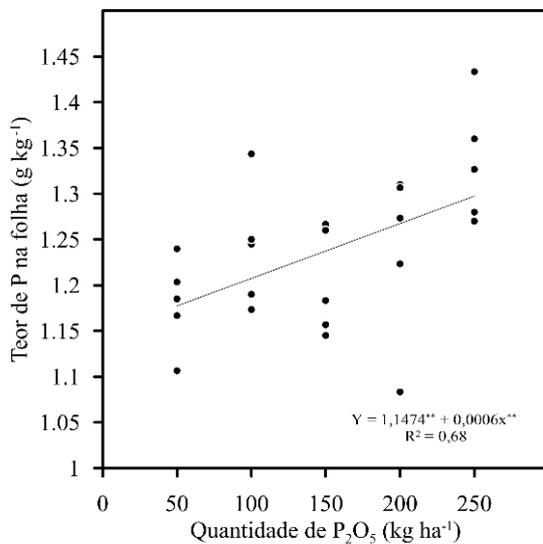


Figura 5. Efeito da adubação fosfatada sobre os teores de fósforo na folha de malva (*Urena lobata* L.) cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. * significativo a 5%; ** significativo a 1%

3.3 Rendimento de matéria seca

As quantidades de calcário e de fósforo adicionadas ao solo influenciaram a produtividade de biomassa seca da parte aérea, caule, casca e fibra (Figura 6). A quantidade de fósforo foi o fator de efeito mais relevante para o aumento da matéria seca da malva, seguindo a mesma tendência observada para comprimento e diâmetro do caule (Figuras 1A, 1B).

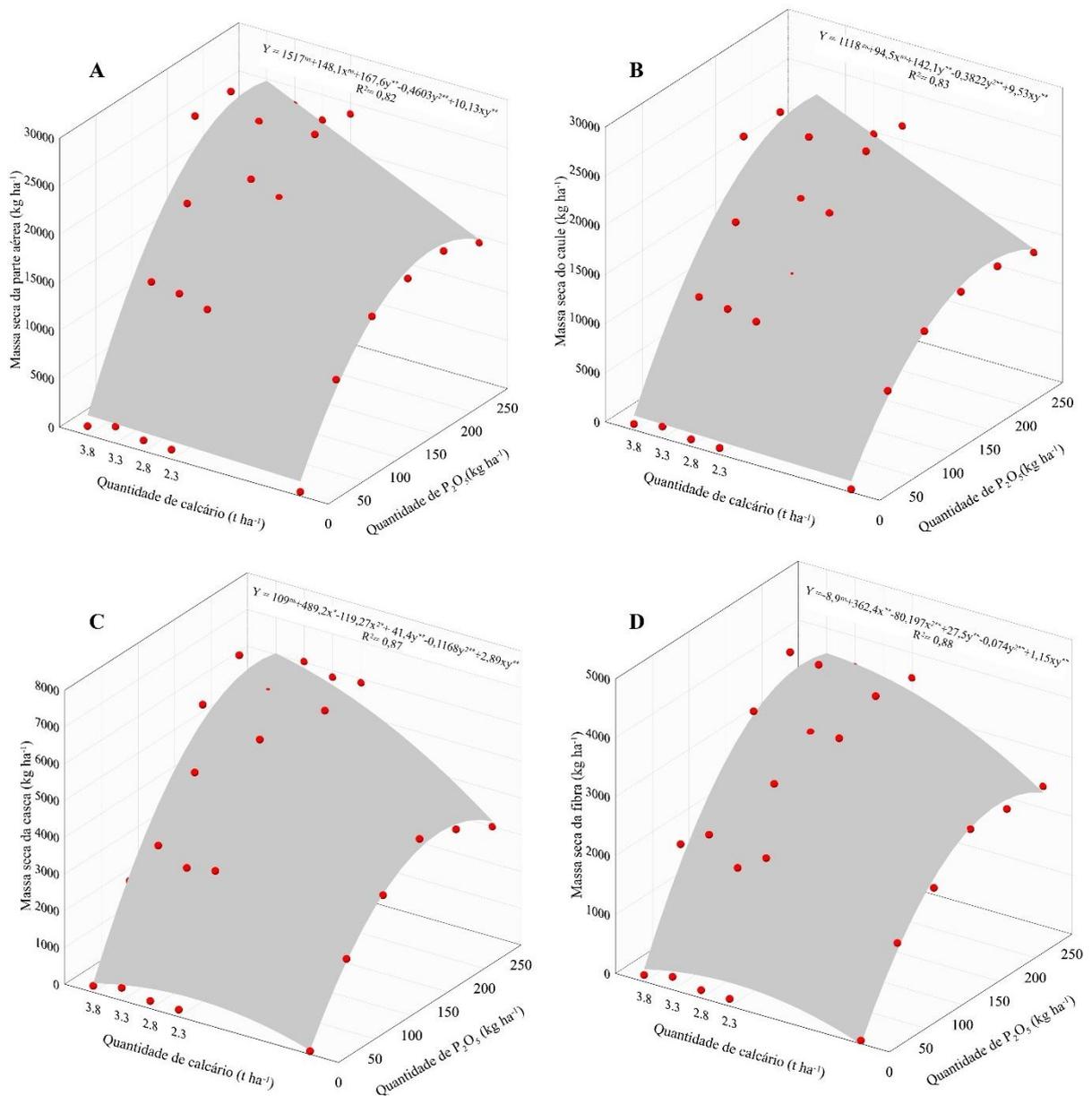


Figura 6. Modelos de regressão múltipla para massa seca da parte aérea, caule, casca e fibra de malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem e adubação fosfatada cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Nota: x= quantidade de calcário ($t\ ha^{-1}$); y= quantidade de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$); ns não significativo a 5%; *Significativo a 5%; ** significativo a 1%

A matéria seca da parte aérea (Figura 6A) e caule (Figura 6B) se relacionaram de forma linear com a calagem e quadrático com o fósforo, com interação entre os fatores. A quantidade máxima de fósforo que proporciona o maior rendimento de matéria seca depende da quantidade de calcário, devido ao efeito da interação. Sem considerar o fator calagem, essa dose seria de 182 e 186 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 para parte aérea e caule, respectivamente. Se considerarmos uma calagem de 3,8 $t\ ha^{-1}$, a quantidade de fósforo ótima seria de 232 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , para um

rendimento de 25,12 e 22,28 t ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea e caule, respectivamente. Isso indica que a calagem aumentou a capacidade tampão do P no solo para a cultura da malva, o que pode ter ocorrido pela retenção de P por novas cargas positivas na superfície dos colóides geradas pela calagem (Duputel et al., 2013).

No nível de fósforo P0, a produção de matéria seca da parte aérea não é significativa (Figura 6A), conforme também já observado nas características morfológicas. Dentro de todos os níveis de calagem, o tratamento com P0 resultou em plantas pequenas que não se desenvolveram durante o período avaliado (Figura 2), com rendimento de matéria seca da parte aérea que variou de 437 kg ha⁻¹ no tratamento C₀P₀ até 1.722 kg ha⁻¹ no tratamento C_{3,3}P₀ (médias observadas), uma fração não significativa quando comparado com a produtividade potencial estimada (25,12 t ha⁻¹). No entanto, o rendimento de matéria seca da parte aérea dentro de cada nível de calagem foi significativamente influenciado pela adubação fosfatada. Dentro do nível C0, a produção de matéria seca variou de 437 até 15.857 kg ha⁻¹ para adubação com 0 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (médias observadas). Esses resultados não condizem com os achados de Viégas et al. (2019), que verificaram que o cálcio é o principal nutriente limitante na formação da parte aérea da malva. De acordo com os autores, o decréscimo na produção de matéria seca da parte aérea em função dos nutrientes segue a ordem Ca>B>N>K>Mn>P>Fe>Mg>Zn>Cu>S. Os achados neste trabalho revelaram que o fósforo é mais limitante que o cálcio para o cultivo da malva em condições de campo, devendo ser priorizada a prática de adubação fosfatada.

A ausência de adubação fosfatada em solo pobre em fósforo disponível leva a um quadro de deficiência ainda nas fases iniciais do desenvolvimento, limitando o crescimento da parte aérea e raízes, causando a redução da área fotossinteticamente ativa e a superfície de absorção do sistema radicular, além de causar desequilíbrio em rotas metabólicas importantes, como a produção de ATP, cadeia de transporte de elétrons e eficiência fotossintética, taxa de respiração e condutância estomática (Corrêa et al., 2022; Islam et al., 2023; Santos et al., 2019; Shiponi; Bernstein 2021). Os efeitos da adubação com fósforo no crescimento das plantas variam com o tipo de solo, a exigência da espécie ou variedade cultivada, além das estratégias de absorção com o desenvolvimento de sistema radicular morfológicamente e fisiologicamente adaptado para exsudação de carboxilatos e fosfatases na rizosfera (Kidd et al., 2015; Richardson et al., 2011). Embora a malva seja uma espécie invasora, que cresce numa ampla variedade de ambientes (Awan et al., 2014), em condições de cultivo, o suprimento externo de fertilizante a base de P é essencial para a produção satisfatória da cultura, sugerindo ser uma espécie exigente e com baixa eficiência de absorção de P em ambientes deficientes desse nutriente.

O rendimento de casca (Figura 6C) e fibra (Figura 6D) teve efeito quadrático para o fator calagem e fósforo, com interação. A quantidade de calcário aumenta a exigência da cultura em fósforo para atingir a máxima produção. Com o aumento da adubação fosfatada, a cultura responde melhor em maiores níveis de calagem. Resultado semelhante foi observado para o rendimento da biomassa seca, o que reforça que a calagem aumentou a capacidade tampão do P no solo para a cultura da malva (Dupet et al., 2013). Dessa forma, a máxima produção de massa seca alcançada é de 6.111 kg ha⁻¹ para casca e 3.642 kg ha⁻¹ para fibra no nível de 3,8 t ha⁻¹ de calcário, combinado com 232 e 214 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para casca e fibra, respectivamente.

Em todos os níveis de calagem, a presença ou ausência de fósforo na adubação de plantio foi determinante para a produtividade de fibra. No tratamento P₀, o rendimento de fibra seca foi insignificante, variando de 54 até 220 kg ha⁻¹ nos níveis de calagem C₀ e C_{3,3}, respectivamente (médias observadas). Para esses mesmos níveis de calagem, o tratamento P₅₀ resultou na produção de 1.310 a 2.113 kg ha⁻¹ de fibra seca. Nesse trabalho, em condições de solo ácido e baixa disponibilidade de fósforo, a ausência desse nutriente na adubação de plantio limitou severamente o crescimento da malva. Por outro lado, com adição de P na adubação de plantio é possível produzir fibra de forma satisfatória sem uso da calagem em condições de solo com baixo teor de Ca e Mg (Tabela 1). Sem calagem, é possível atingir um rendimento de 2.546 kg ha⁻¹ de fibra seca para uma adubação com 186 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6D). Nessa condição (sem calagem), o ponto de máximo está localizado entre os tratamentos P150 e P200, com médias observadas de 2.443 e 2.387 kg ha⁻¹ de fibra seca, respectivamente.

Essa resposta ao fósforo na ausência da calagem, no pH de 5,0 (Tabela 1), pode estar relacionado ao fato do superfosfato triplo ser altamente solúvel em água, estando imediatamente disponível após a aplicação, independentemente do pH do solo (Novais et al., 2007; Raij et al., 1997; Sousa; Lobato, 2004). Segundo Novais et al. (2007) e Raij et al. (1997) adsorção ou fixação do P em solos ácidos ocorre com o tempo, mas a solubilidade inicial não depende da calagem. Sendo assim, a malva foi eficiente em absorver o P rapidamente disponibilizado pelo superfosfato triplo.

3.4 Eficiência agrônômica e taxa de resposta da cultura

A eficiência agrônômica (EA) e resposta percentual da cultura (RPC) para calagem e adubação fosfatada estão apresentados na Figura 7. Os níveis de calagem C_{2,3}, C_{2,8} e C_{3,3} apresentaram a melhor eficiência agrônômica. A calagem com 2,3 t ha⁻¹ diferiu estatisticamente da dose de 3,8 t ha⁻¹ (Figura 7A). Na calagem de 2,3 t ha⁻¹ foi observada uma produção 362 kg de fibra para cada tonelada de calcário adicionada ao solo, em comparação com o tratamento

sem calagem. No entanto, não houve diferença estatística na resposta percentual da cultura entre os níveis de calagem, quando comparados com o tratamento sem calcário (Figura 7B).

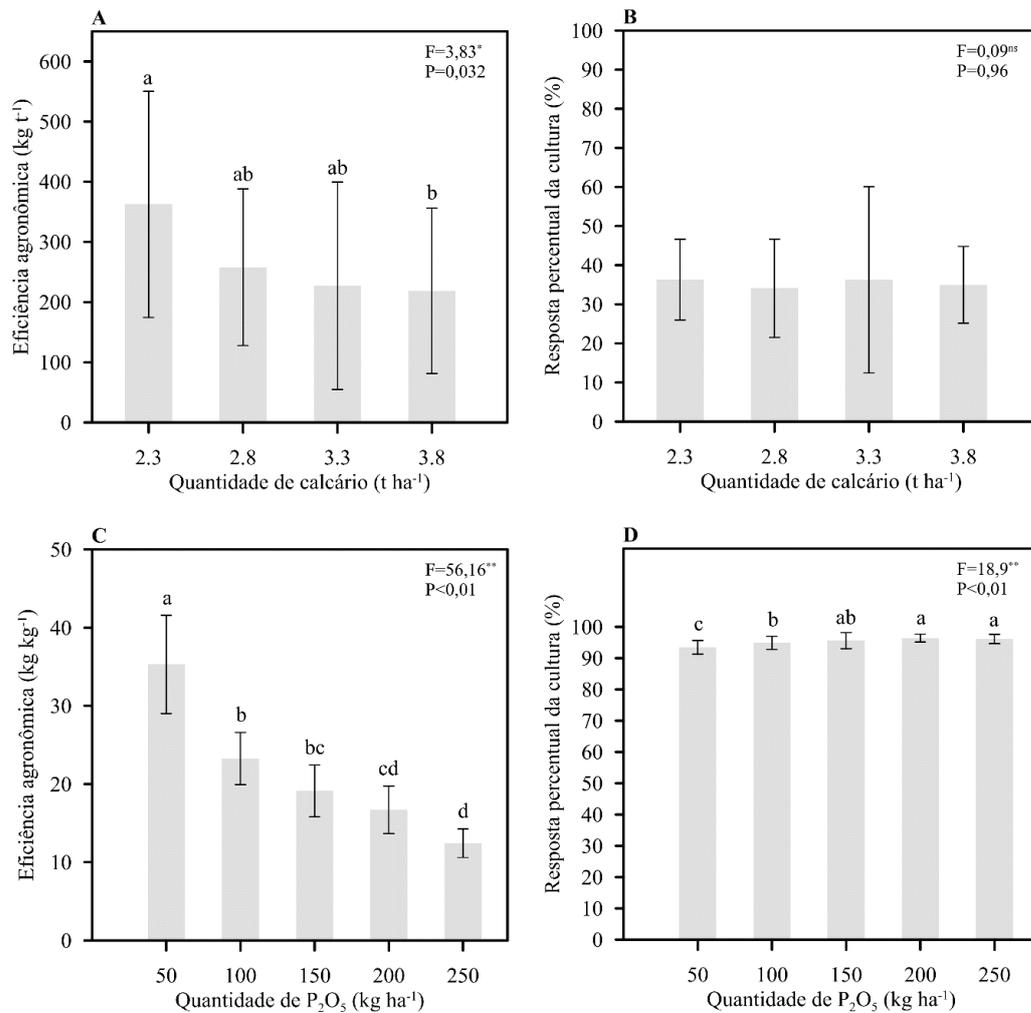


Figura 7. Eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura para produção de fibra de malva (*Urena lobata* L.) em função dos níveis de calagem (A, B) e adubação fosfatada (C, D), cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Manaus, AM. Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ^{ns}não significativo a 5%; *Significativo a 5%; **significativo a 1%

Para adubação fosfatada, a melhor eficiência agrônômica foi observada para o nível de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com média de 35,3 kg de fibra por quilograma de P₂O₅, em comparação com o tratamento sem fósforo. Entretanto, a resposta percentual da cultura foi melhor para as quantidades de 200 e 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com médias de 96,4% e 96,1%, respectivamente. A melhor eficiência agrônômica observada para a adubação com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ está relacionada com o crescimento exponencial da cultura em relação ao tratamento sem fósforo. A produção de fibra no tratamento C₀P₅₀ foi equivalente a 24 vezes o rendimento observado no tratamento C₀P₀. Essa diferença indica que a cultura apresenta uma boa eficiência de uso do

fósforo quando este nutriente é suprido via adubação, aumentado a eficiência de absorção ou otimizando a eficiência de utilização (Islam et al., 2023).

De acordo com a equação desenvolvida para estimar a produção de fibra seca, o máximo rendimento que pode ser obtido é de 3.642 kg ha⁻¹ para uma calagem de 3,8 t ha⁻¹ e adubação de plantio com 214 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6D). No entanto, considerando a eficiência agrônômica e a resposta percentual da cultura para a quantidade de calcário e fósforo, a calagem com 2,3 t ha⁻¹ combinada com a adubação fosfatada de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tende a ser mais eficiente, com produtividade estimada em 3.469 kg ha⁻¹ de fibra seca, com uma diferença de apenas 173 kg ha⁻¹ abaixo da produtividade potencial, mas com uma economia de 1500 kg ha⁻¹ de calcário. Essa produtividade é superior à média calculada para o estado do Amazonas, que no ano de 2023 foi estimada em 1.553 kg ha⁻¹ (IBGE, 2023). Supera também aos achados de Crane e Acuna (1945), Harris (1986) e Silva, Correa e Mota (1989), cujas melhores médias obtidas foram 2.300, 2.400 e 3.077 kg ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados de produção de fibra de malva em área de terra firme no Amazonas utilizando as práticas agrônômicas de calagem e adubação são inéditos e promissores. Os achados neste trabalho são importantes porque mostram que é possível expandir o cultivo da malva para as áreas de terra firme, obtendo-se produtividade satisfatória. Somente essa expansão pode aumentar a oferta de fibra liberiana no Brasil no médio prazo, uma vez que a produção nas áreas de várzeas dos rios do Amazonas e Pará está em declínio, situação ocasionada pela sazonalidade no calendário de cultivo, indisponibilidade de mão de obra e questões sociais que envolvem o cultivo tradicional da malva e da juta nessas áreas (Ferreira; Homma, 2023).

4 CONCLUSÃO

A adição de fósforo na adubação de plantio da malva é fundamental para o crescimento e produção de fibra em solo deficiente em P. A calagem melhora o crescimento e aumenta a produtividade de fibra, mas também aumenta a exigência de fósforo devido ao efeito da interação. A combinação da calagem com 2,3 t ha⁻¹ com adubação fosfatada de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tem melhor eficiência agrônômica e resposta percentual da cultura, com um potencial de produzir 3.469 kg ha⁻¹ de fibra seca, um valor superior ao registrado na literatura. Este estudo traz informações inéditas sobre o cultivo da malva para produção de fibra em área de terra firme

no Amazonas, demonstrando que é uma prática agronomicamente viável, mas que a deficiência de fósforo é um fator limitante independente da prática da calagem.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S.; FALÇÃO, N. Estudo da dinâmica de nutrientes em solo de várzea da Ilha do Careiro no estado do Amazonas. **Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas**, v. 12, n. 3/4, p. 485-493, 1993. DOI: <https://dn790000.ca.archive.org/0/items/amazoniana-12-3-4-485-493/amazoniana-12-3-4-485-493.pdf>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARNHOLD, E. **Easyanova**: Analysis of Variance and Other Important Complementary Analyses [dataset], 2012. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI: <https://doi.org/10.32614/cran.package.easyanova>
- AWAN, T. H.; CHAUHAN, B. S.; CRUZ, P. C. Sta. Influence of Environmental Factors on the Germination of *Urena lobata* L. and Its Response to Herbicides. **PLoS One**, v. 9, n. 3, p. e90305, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090305>
- AZEVEDO, A. M. **ExpAnalysis3d**: Pacote Para Analise De Experimentos Com Graficos De Superficie Resposta [dataset], 2021. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI: <https://doi.org/10.32614/cran.package.expanalysis3d>
- CARDOSO, A. A. de S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; BARBOSA, T. M. B. Acúmulo de nutrientes e crescimento da pimenta-de-cheiro em função de doses de calcário. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 165-174, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1881>
- CARSTENSEN, A.; HERDEAN, A.; SCHMIDT, S. B.; SHARMA, A.; SPETEA, C.; PRIBIL, M.; HUSTED, S. The impacts of phosphorus deficiency on the photosynthetic electron transport chain. **Plant physiology**, v. 177, n. 1, p. 271-284, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.17.01624>
- CHEN, G.; LI, Y.; JIN, C.; WANG, J.; WANG, L.; WU, J.; CHEN, G. Physiological and morphological responses of hydroponically grown pear rootstock under phosphorus treatment. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 696045, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.696045>
- CHO, A. H.; CHASE, C. A.; TREADWELL, D. D.; KOENIG, R. L.; MORRIS, J. B.; MORALES-PAYAN, J. P. Apical dominance and planting density effects on weed

suppression by sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.). **HortScience**, v. 50, n. 2, p. 263-267, 2015. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.2.263>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Malva/Juta: análise mensal** (janeiro de 2025). Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-juta-malva>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CORRÊA, V.; GONÇALVES, J.; COSTA, K.; OLIVEIRA, I.; SANTOS, J.; OLIVEIRA, S.; FERREIRA, M.; LIMA, R.; ARAÚJO, W.; NUNES-NESE, A. The role of phosphate fertilization on physiological responses of the young *Bertholletia excelsa* plants grown in a P-deficient Amazon Ferralsol. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2955, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11212955>

CRANE, J. C.; ACUNA, J. B. Effect of Planting Rate on Fiber Yield of *Urena Lobata* L. as Compared with Kenaf, *Hibiscus Cannabinus* L.1. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 245-250, 1945. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1945.00021962003700040001x>

DAS GUPTA, D. K. A study of the relationship between plant characters and fibre yield in *Urena lobata*. **Ghana Journal of Agricultural Science**, v. 4, 1971.

DUPUTEL, M.; DEVAU, N.; BROSSARD, M.; JAILLARD, B.; JONES, D. L.; HINSINGER, P.; GÉRARD, F. Citrate adsorption can decrease soluble phosphate concentration in soils: Results of theoretical modeling. **Applied Geochemistry**, v. 35, p. 120-131, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.03.018>

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in agronomy**, v. 99, p. 345-399, 2008. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)00407-0](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(08)00407-0)

FALCÃO, N. P. de S.; SILVA, J. R. A. da. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 337-342, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0044-59672004000300001>

FERREIRA E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Português) [dataset]**, 2021. In CRAN: Contributed Packages. The R Foundation. DOI: <https://doi.org/10.32614/cran.package.expdes.pt>

FERREIRA, A. da S.; HOMMA, A. K. O. A malva como sucedânea da juta no Brasil: Do êxito ao fracasso. **Somanlu: Revista de Estudos Amazônicos**, v. 23, n. 1, p. 20-43, 2023. DOI: <https://doi.org/10.69696/somanlu.v23i1.13064>

HARRIS, P. J. C. Effect of row spacing on growth, fibre yield and fruit yield of *Urena lobata* in Sierra Lean. **Jute Development Journal**, n. 1, p. 1-5, 1986.

HOLALU, S. V.; REDDY, S. K.; FINLAYSON, S. A. Low Red Light:Far Red Light Inhibits Branching by Promoting Auxin Signaling. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 5, p. 2028-2036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10253-7>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf>>. Acesso em: 02 maio de 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2023**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 03 mar. 2025.

ISLAM, M. M.; RENGEL, Z.; STORER, P.; SIDDIQUE, K. H. M.; SOLAIMAN, Z. M. Phosphorus fertilisation differentially influences growth, morpho-physiological adaptations and nutrient uptake of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). **Plant and Soil**, v. 492, n. 1, p. 301-314, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06171-8>

KIDD, D. R.; RYAN, M. H.; HALING, R. E.; LAMBERS, H.; SANDRAL, G. A.; YANG, Z.; CULVENOR, R. A.; CAWTHRAY, G. R.; STEFANSKI, A.; SIMPSON, R. J. Rhizosphere carboxylates and morphological root traits in pasture legumes and grasses. **Plant and Soil**, v. 402, n. 1, p. 77-89, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2770-4>

KIM, H. J.; LI, X. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in Lantana. **HortScience**, v. 51, n. 8, p. 1001-1009, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.8.1001>

LI, L.; TANG, C.; RENGEL, Z.; ZHANG, F. S. Calcium, magnesium and microelement uptake as affected by phosphorus sources and interspecific root interactions between wheat and chickpea. **Plant and Soil**, v. 261, n. 1, p. 29-37, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/b:plso.0000035579.39823.16>

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V. de; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 59-68, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832006000100007>

LIU, D. Root developmental responses to phosphorus nutrition. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 63, n. 6, p. 1065-1090, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jipb.13090>

MCLENNON E.; CHARLTON B.; CARSON K. **Comparison of stem and fiber yield: Industrial hemp varietal trial**: Oregon State University Extension Service. 2022. Disponível em: <<https://extension.oregonstate.edu/sites/extd8/files/catalog/auto/EM9434.pdf>>. Acesso em 03 abr. 2025.

MAZUMDAR, S. P.; KUNDU, D. K.; DATTA, D.; MAJUMDAR, B.; ALAM, N. M.; SAHA, A. R.; SARKAR, S.; MITRA, S. Can sulfur improve the fiber yield of jute?. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 6, p. 943-957, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2071737>

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103620903175371>

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.
Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.
Boletim Técnico 100. Instituto Agrônômico (IAC), Campinas, 1997.

REINBOTT, T. M.; BLEVINS, D. G. REINBOTT, T. M.; BLEVINS, D. G. Phosphate interaction with uptake and leaf concentration of magnesium, calcium, and potassium in winter wheat seedlings. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 6, p. 1043-1046, 1991. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300060021x>

RICHARDSON, A. E.; LYNCH, J. P.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E.; SMITH, F. A.; SMITH, S. E.; HARVEY, P. R.; RYAN, M. H.; VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; OBERSON, A.; CULVENOR, R. A.; SIMPSON, R. J. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. **Plant and soil**, v. 349, n. 1, p. 121-156, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0950-4>

SANTOS, P. A. R.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N. de. Growth and quality of Leucochloron incuriale seedlings subjected to liming and phosphorus. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, p. e20170692, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.069217>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS; L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1176834>

SHIPONI, S.; BERNSTEIN, N. The highs and lows of P supply in medical cannabis: effects on cannabinoids, the ionome, and morpho-physiology. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 657323, 2021. DOI <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.657323>

SILVA, J. F.; CORREA, J. R. V.; MOTA, M. G. C. **Obtenção de cultivares de malva sem dormência nas sementes com boa produção e boa qualidade de fibra**. (EMBRAPA-CPATU, Belém, 1989. (Pesquisa em andamento, 155). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/374169>>. Acesso em: 05 jan. 2025.

SILVA, L. C. R.; CORRÊA, R. S.; WRIGHT, J. L.; BOMFIM, B.; HENDRICKS, L.; GAVIN, D. G.; MUNIZ, A. W.; MARTINS, G. C.; MOTTA, A. C. V.; BARBOSA, J. Z.; MELO V. F., YOUNG, S. D., BROADLEY, M. R., & SANTOS, R. V. A new hypothesis for the origin of Amazonian Dark Earths. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 127, 2021. <https://doi-org.ez2.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41467-020-20184-2>

SILVA, F. M. DE O.; GIOPPATO, H. A.; BORGHI, A. A.; ANDRADE, S. A. L.; MAZZAFERA, P. Low soil phosphorus availability has limited effects on wood traits in young plants of five eucalypt species. **Experimental Agriculture**, v. 60, p. e17, 2024. <https://doi.org/10.1017/s0014479724000115>

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e perenes. In: TEDESCO, M. J. (Coord.). **Curso de Fertilidade do Solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 83–102.

TANG, W.; TU, L.; YANG, X.; TAN, J.; DENG, F.; HAO, J.; GUO, K.; LINDSEY, K.; ZHANG, X. The calcium sensor GhCaM7 promotes cotton fiber elongation by modulating reactive oxygen species (ROS) production. **New phytologist**, v. 202, n. 2, p. 509-520, 2014. <https://doi.org/10.1111/nph.12676>

VERLINDEN, M. S.; ABDELGAWAD, H.; VEN, A.; VERRYCKT, L. T.; WIENEKE, S.; JANSSENS, I. A.; VICCA, S. Phosphorus stress strongly reduced plant physiological activity, but only temporarily, in a mesocosm experiment with *Zea mays* colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **Biogeosciences**, v. 19, n. 9, p. 2353-2364, 2022. DOI <https://doi.org/10.5194/bg-19-2353-2022>

VIÉGAS, I. J. M.; FASABI, J. A.; ALMEIDA, G. M.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SILVA, D. A. S.; GALVÃO, J. R.; SILVA, S. P.; NETO, C. F. O.; FREITAS, J. M. N.; MAGALHÃES, D. S. Growth and Visual Symptoms of Macro Deficiencies and Micronutrientes in Mallow (*Urena lobata*) Plants, Variety BR-01. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, 2019. DOI <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p61>

YOSHIDA, S.; KITOU, M. Difference in phosphorus response among tropical green manure legumes grown under limed and unlimed soil conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 9-19, 1995. DOI <https://doi.org/10.1080/00380768.1995.10419554>

ZHAO, D. Y.; ZHANG, X. L.; ZHAO, S. P.; LIU, G. L.; ZHANG, Z. W.; ZHAO, W. F.; LI, X. P.; ALI KHAN, S.; SIDDIQUE, K. H. M. Biomass allocation and nutrients utilization in wheat as affected by phosphorus placement and salt stress. **Agronomy**, v. 13, n. 6, p. 1570, 2023. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy13061570>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia de produção de fibra de malva está em decadência, com acentuada redução da produção nos últimos 20 anos. O cultivo na forma tradicional demanda uma grande quantidade de mão de obra que não está mais disponível nos locais em que se concentra a produção. Aliado a isso, a ausência de tecnologias e políticas públicas voltadas para o fomento da produção nas áreas de várzea agrava o problema. É urgente o fortalecimento da cadeia produtiva nas áreas de várzea, com políticas voltadas para produção e comercialização, além de desenvolvimento de tecnologias aplicadas nas fases de plantio, colheita e processamento da fibra. Além disso, a possibilidade de expandir o cultivo da malva para áreas de terra firme é uma alternativa que deve ser considerada no médio prazo. Se concretizado, a cultura da malva, que é restrita aos produtores de várzea, poderá ser explorada por milhares de produtores rurais nos estados do Amazonas e Pará, aumentando significativamente a oferta de fibra, além de acelerar o desenvolvimento de tecnologias específicas.

A malva é uma planta que responde positivamente ao adensamento populacional. Em área de várzea, o plantio na densidade de 44 plantas m^{-2} no espaçamento de 15x15 cm resulta numa produtividade 4.546 $kg\ ha^{-1}$ de fibra seca ao ar. A semeadura em linha também tem a vantagem de uniformizar o crescimento das plantas, o que resulta em fibras de melhor qualidade tecnológica. Além disso, a semeadura em espaçamento padronizado gasta cerca de um terço da quantidade de semente necessária quando realizada a lanço.

Em solo de terra firme, a densidade de 100 plantas m^{-2} cultivada com adubação de plantio tem o potencial de produzir até 7.529 $kg\ ha^{-1}$ de fibra com umidade de 13,5%. A análise morfológica, de produtividade de biomassa e competição intraespecífica sugere que maiores densidades de plantio podem ser viáveis, havendo a necessidade de novas pesquisas.

A malva é uma cultura que é exigente em fósforo na adubação de plantio em solos deficientes desse nutriente. Considerando que os Latossolos e Argissolos representam cerca de 70% dos solos do território do Amazonas e que os mesmos são pobres quimicamente e deficientes em P, um programa de expansão da cultura para áreas de terra firme deve considerar a adubação fosfatada como fator limitante.

A prática da calagem impacta na produção de fibra, mas como efeito potencializador da adubação fosfatada. Os resultados obtidos no experimento do capítulo 3 indicam que independentemente da quantidade de calcário adicionado ao solo, o fósforo sempre foi determinante para o crescimento da cultura e aumento da produtividade de fibra. No entanto, é necessário entender as interações da prática da calagem e adubação fosfatada com os demais

nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Para isso, novos ensaios devem ser realizados para consolidar os resultados obtidos nesse trabalho, além de expandir a pesquisa com novas hipóteses que interessam para um futuro sistema de produção de malva em ecossistema de terra firme na Amazônia.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. A. A.; SOARES, F. A. J. **Malva**. Instituto de Pesquisa e Experimentação agropecuária do Norte (IPEAN). Belém, PA: IPEAN, 1968. (IPEAN. Circular, 13). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/375618/1/FL01616.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2023.
- AMADUCCI, S.; ZATTA, A.; PELATTI, F.; VENTURI, G. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. **Field crops research**, v. 107, n. 2, p. 161-169, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002>
- AUSTIN, D. F. Caesar's weed (*Urena lobata*): An invasive exotic or a Florida native. **Wildland Weeds**, v. 3, n. 1, p. 13-16, 1999.
- AZZINI, A.; SALGADO, A. L. DE B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A. A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 27-32, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0006-87051993000100004>
- BENTES, J. G.; PEREIRA, H. S.; MENDES, A. M. S.; CASTRO, A. P.; CUNHA, A. L. B. Espaçamento para produção de sementes de malva (*Urena lobata* L.) em terra firme na região de Manaus-AM. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences / Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, p. 141-146, 2017. DOI <https://doi.org/10.4322/rca.10605>
- BROCKETT, N. S.; DUBOIS, S. E.; MARTIN, J. T.; HERNANDEZ, K. L.; MATRANGA, Z. G.; TILLER, A. A. First report of *Urena lobata* (Malvaceae) in Texas, USA. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 18, n. 1, p. 267–269-267–269, 2024. DOI <https://doi.org/10.17348/jbrit.v18.i1.1353>
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Malva/Juta: análise mensal** (janeiro de 2025). Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-juta-malva>>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- CRINI, G.; LICHTFOUSE, E.; CHANET, G.; MORIN-CRINI, N. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy

production and environment: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, n. 5, p. 1451-1476. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>

DENG, G.; DU, G.; YANG, Y.; BAO, Y.; LIU, F. (2019). Planting density and fertilization evidently influence the fiber yield of hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 368, 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy9070368>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2023**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 03 mar. 2025.

ISLAM, M.; UDDIN, M. A revision on *Urena lobata* L. **International Journal of Medicine**, v. 5, n. 1, p. 126-131, 2017. <https://doi.org/10.14419/ijm.v5i1.7525>

ITIS. Integrated Taxonomic Information System. *Urena lobata* L. Disponível em: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=21759#null>. Acesso em: Acesso em 6 jan. 2025.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in agronomy**, v. 99, p. 345-399, 2008. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)00407-0](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(08)00407-0)

FERREIRA, A. da S.; HOMMA, A. K. O. A malva como sucedânea da juta no Brasil: Do êxito ao fracasso. **Somanlu: Revista de Estudos Amazônicos**, v. 23, n. 1, p. 20-43, 2023. DOI: <https://doi.org/10.69696/somanlu.v23i1.13064>

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; FRAZÃO, D. A. C.; CARVALHO, J. E. U. **Efeito do espaçamento e da densidade de plantio sobre a produtividade de sementes de malva**. EMBRAPA-CPATU. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1980. (Pesquisa em andamento, 8).

FIGUEIREDO, F. J. C.; POPINIGIS, F. Superação da dormência de sementes de malva. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 3, p. 1-13, 1979.

FREITAS, I. B. C.; COSTA, A. L. V.; FERREIRA, C. C.; LOBATO, A. C. N.; SANTOS, S. S.; CASTRO, A. P. Fertilization with laying hen manure and economic analysis in caesar weed (*Urena lobata* L.) seed production in Amazonas, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 9, 2022. DOI <https://doi.org/10.5539/jas.v14n9p71>

GOMES, L. M.; CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J.; COSTA NETO, P. Q.; MENDES, A. M. S.; VALENTE, M. S. P.; FERREIRA, C. C.; PEREIRA, M. L. A. Genetic divergence in *Urena lobata* L. accessions to quantitative traits. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 11, 2019. DOI <https://doi.org/10.5539/jas.v11n11p81>

GONÇALVES, F. A.; AMARAL, E. L.; LOPES, J. L.; LOPES, B. L.; RIBEIRO, L. D.; BRABO, D. R.; AMARANTE, C. B. Fibras Vegetais: aspectos gerais, aproveitamento, inovação tecnológica e uso em compósitos. **Espacios**, v. 39, n. 0798, p. 1015, 2018.

KEKE, C. O.; NSOFOR, W. N.; KUMABIA, F. K. R.; ILOABUCHI, G. C.; EJIOFOR, J. C.; OSUAGWU, O. L. GCMS and FTIR analysis of ethanol and methanol leave extract of *Urena lobata* (Caesar weed) for bioactive phytochemical constituents. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 13, n. 1, p. 99-115, 2023. DOI <https://doi.org/10.22270/jddt.v13i1.5722>

KENGOH, J. B.; PETER ETAPE, E.; VICTORINE NAMONDO, B.; FOBA-TENDO, J.; NAFU, Y. R.; FABIEN, B. E. Influence of *Urena lobata* Fibre Treatment on Mechanical Performance Development in Hybrid *Urena lobata*: Fibre/Gypsum Plaster Composites. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2021, n. 1, p. 5514525, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5514525>

LINDER, E. R.; YOUNG, S., LI, X.; HENRIQUEZ INOA, S.; SUCHOFF, D. H. The effect of transplant date and plant spacing on biomass production for floral hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1856, 2022. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy12081856>

LIVINGSTONE, H.; ANG, T. N.; YUAN, X.; SWANEPOEL, Q.; KERCKHOFFS, H. Analysis of inter-nodal properties of two industrial hemp cultivars (Fasamo and Ferimon 12) and their relationships with plant density and row spacing. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114880, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114880>

MEGHANA, H. R.; MARUTHI PRASAD, B. N.; DHANANJAYA, B. N.; SHANKARAPPA, T. H.; SIRUPA., H. R. Spacing, Fertilizer and PGPR on Yield and Nutrient Uptake in Industrial Hemp (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*) and Chemical Properties of Soil. **Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 10, n. 2, p. 413-429, 2024. DOI <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2024/v10i2299>

MGOLOZELI, S.; TESFAMARIAM, E. H.; BELETSE, Y. Yield, mineral content and root growth response of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) to planting density and water availability. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100384, 2022. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4166074>

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103620903175371>

MUKUL Md. M.; AKTER, N.; MOSTOFA, M. G.; AHMED, S. S. U.; NUR, I. J.; AL-MAMUN, M.; RASHID, M. H. O. Analyses of Genetic Variability, Character Association, Heritability and Genetic Advance of Tossa Jute (*Corchorus olitorius*) Genotypes for Morphology & Stem Anatomy. **American Journal of BioScience**, v. 8, n. 4, p. 99-112, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ajbio.20200804.12>

NASCIMENTO, L. F. C.; MONTEIRO, S. N.; LOURO, L. H. L.; LUZ, F. S.; SANTOS, J. L.; BRAGA, F. O.; MARÇAL, R. L. S. B. Charpy impact test of epoxy composites reinforced with untreated and mercerized mallow fibers. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 7, n. 4, p. 520-527, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.03.008>

N'DANIKOU, S.; ACHIGAN-DAKO, E. G. *Urena lobata* L. In: Brink, M.; Achigan-Dako, E. G. (Editors). **Plant Resources of Tropical Africa 16**. Fibres. PROTA Foundation, 2012.

PAYNTER, Q. Literature reviews narrow down where to search for agents for *Urena lobata* and *Solanum torvum*: Pantropical weeds with poorly defined native ranges. **Biological Control**, v. 196, p. 105566, 2024. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105566>

POWO. **Plants of the world online**. Publicado pela Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: <<https://powo.science.kew.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

PURNOMO, Y.; ANDRI TILAQZA. Analgesic and anti-inflammatory activities of *Urena lobata* L. leaf extracts. **Indonesian Journal of Pharmacy**, v. 33, n. 4, p. 566-574, 2022. <https://doi.org/10.22146/ijp.2145>

DEBNATH, M. R.; MAHABUBUL I., M.; AYUB KHAN, Md.; AKTER, S.; MUKUL M.; PROTAP N. N., M. Fertilizer doses for jute cultivation after onion harvest. **International Journal of Advanced Geosciences**, v. 8, n. 1, p. 18, 2020. DOI <https://doi.org/10.14419/ijag.v8i1.30400>

SADRMANESH, V.; CHEN, Y. Bast fibres: structure, processing, properties, and applications. **International Materials Reviews**, v. 64, n. 7, p. 381-406, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09506608.2018.1501171>

SILVA, J. F.; CORREA, J. R. V.; MOTA, M. G. C. **Obtenção de cultivares de malva sem dormência nas sementes com boa produção e boa qualidade de fibra**. (EMBRAPA-CPATU, Belém, 1989. (Pesquisa em andamento, 155). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/374169>>. Acesso em: 05 mar. 2025.

SOUZA, H. H. **Ambiente e sociedade: a cadeia produtiva da malva (*Urena lobata* L.) no médio Solimões: uma alternativa sustentável?**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

VERA, C. L.; MALHI, S. S.; PHELPS, S. M.; MAY, W. E.; JOHNSON, E. N. N, P, and S fertilization effects on industrial hemp in Saskatchewan. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 90, n. 2, p. 179-184, 2010. DOI <https://doi.org/10.4141/cjps09101>

WANG, J.; FERRELL, J.; MACDONALD, G.; SELLERS, B. Factors affecting seed germination of cadillo (*Urena lobata*). **Weed Science**, v. 57, n. 1, p. 31-35, 2009. DOI <https://doi.org/10.1614/ws-08-092.1>

WFO. The World Flora Online. *Urena lobata* L. Disponível em: <<http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000417231>>. Acesso em 05 jan. 2025.

