



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

RODRIGO ALVES DE SIQUEIRA

**O MANEJO DE COLHEITA DA CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.) AFETA
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, MORFOLÓGICAS E A COMUNIDADE
DE VISITANTES FLORAIS?**

Recife
2026

RODRIGO ALVES DE SIQUEIRA

**O MANEJO DE COLHEITA DA CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.) AFETA
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, MORFOLÓGICAS E A COMUNIDADE
DE VISITANTES FLORAIS?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha
Coorientadora: Profa. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos

**Recife
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

S563m Siqueira, Rodrigo Alves de.
O manejo de colheita da Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) afeta características produtivas, morfológicas e a comunidade de visitantes florais? / Rodrigo Alves de Siqueira. - Recife, 2026.
52 f.; il.

Orientador(a): Márcio Vieira da Cunha.
Co-orientador(a): Mércia Virginia Ferreira dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Leguminosa forrageira. 2. Manejo de colheita. 3. Morfologia vegetal. 4. Serviços ecossistêmicos 5. Visitantes florais. I. Cunha, Márcio Vieira da, orient. II. Santos, Mércia Virginia Ferreira dos, coorient. III. Título

CDD 636

RODRIGO ALVES DE SIQUEIRA

**O MANEJO DE COLHEITA DA CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.) AFETA
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, MORFOLÓGICAS E A COMUNIDADE
DE VISITANTES FLORAIS?**

Dissertação defendida e aprovada em 26/02/2026 pela comissão examinadora:

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Zootecnia (Orientador)

Profª. Dra. Darcler Teresinha Malerbo de Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Valdson José da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Zootecnia

“Seja forte e corajoso. Não temas, porque o Senhor teu Deus é contigo”
(Josué 1:9).

Aos meus pais, João Alves de Siqueira e Flávia Cristina Alves Maranhão, por todo o esforço, amor e apoio incondicional. Foi graças a vocês que cheguei até aqui. Minha eterna gratidão e todo o meu amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por Sua presença constante ao longo de toda esta caminhada. Foi Ele quem me concedeu força, resiliência e perseverança nos momentos mais difíceis e não me deixou desistir no meio da jornada.

Aos meus pais, João e Flavia, e ao meu irmão, Bruno, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidei. Pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pelos sacrifícios silenciosos que tornaram possível cada etapa desta caminhada. Tudo o que sou e tudo o que alcancei começa em vocês.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), instituição que me acolheu e que se tornou um espaço de pertencimento, aprendizado e construção da minha identidade acadêmica e humana.

À Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), pelo espaço físico do experimento e apoio durante todos os meses de avaliação.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro concedido, essencial para a viabilização e o desenvolvimento desta pesquisa, reafirmando a importância do investimento público na ciência.

Ao meu orientador, professor Márcio Vieira da Cunha, por toda paciência, atenção, disponibilidade e apoio ao longo de todo o processo de desenvolvimento desta dissertação.

À professora Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pelas valiosas contribuições, pela disponibilidade e pelo apoio ao longo do desenvolvimento desta dissertação. Suas orientações e sugestões foram fundamentais para o aprimoramento e a condução desta pesquisa.

À professora Darcelet Teresinha Malerbo-Souza, que me acolheu com generosidade e sempre buscou me ajudar e motivar ao longo da graduação. Registro aqui minha eterna gratidão pelo compartilhamento de seu conhecimento, de seu tempo e pela amizade construída, fundamentais para minha formação acadêmica e humana.

A Camilla La torre, por todo carinho e paciência e pelo apoio incondicional ao longo de toda esta caminhada. Obrigado por todos os sábados.

Aos amigos de pós-graduação, Maria Aline e José, toda a minha gratidão. A amizade, o companheirismo e o apoio incondicional ao longo do mestrado, em especial nos momentos mais difíceis, sem dúvida, foram essenciais para que eu seguisse em frente.

No campo, no laboratório e fora deles, vocês estiveram presentes, tornando essa jornada mais humana, mais leve e possível.

A todos os meus amigos, em especial Lucas, Felipe, Milena e Núbia, agradeço por todos os conselhos, pelas palavras de incentivo e, também, pelos puxões de orelha. As risadas e os momentos compartilhados foram fundamentais para tornar os dias mais leves e ajudar a enfrentar os desafios ao longo dessa trajetória.

A todos do Grupo de Pesquisa em Forragicultura, agradeço pelas contribuições, diretas ou indiretas, pelas trocas de conhecimento e pelo apoio ao longo do curso, fundamentais para a conclusão desta pesquisa. De forma especial, agradeço ainda a Dayanne Camelo, Natália Viana, Nágila e Thiago Calado, pela parceria e pelo apoio ao longo dessa jornada em Carpina.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação ao longo desta trajetória.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Leguminosas forrageiras e serviços ecossistêmicos em sistemas tropicais.....	15
2.2 Caracterização botânica e potencial forrageiro de <i>Clitoria ternatea</i> L.	17
2.3 Ecologia da polinização e interações planta-visitante floral.....	20
2.4 Respostas morfológicas e produtivas ao manejo de colheita	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Características morfológicas	28
4.2. Acúmulo de forragem e composição morfológica	32
4.3. Visitantes Florais	34
4.4. Análises multivariadas	39
5. CONCLUSÃO.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características agronômicas da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE.

.....
29

Tabela 2. Acúmulo de forragem e composição morfológica da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE.

.....
32

Tabela 3. Índices de diversidade de visitantes florais da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE.

.....
37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos morfológicos e ecológicos da cunhã (*Clitoria ternatea* L.).

.....
17

Figura 2. Precipitação no período experimental, Carpina, Pernambuco, Brasil.

.....
23

Figura 3. Frequência, constância e dominância de polinizadores na cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob diferentes frequências e intensidades de colheita.

.....
34

Figura 4. Análise de redundância (RDA) das relações entre atributos morfoestruturais e reprodutivos de *Clitoria ternatea*, índices da comunidade e dos principais visitantes florais sob diferentes manejos de colheita.

.....
39

Figura 5. Redes de correlação significativas entre características estruturais e reprodutivas, índices da comunidade e visitantes florais de *Clitoria ternatea* sob diferentes frequências e intensidades de colheita.

.....
41

RESUMO: A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) destaca-se pelo valor nutritivo da forragem e pela presença constante de flores, que podem atrair visitantes florais. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes frequências (60, 75, 90 e 105 dias) e intensidades de corte (5, 10 e 20 cm) sobre as características morfoestruturais, reprodutivas e visitação floral. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas principais foram constituídas pelas frequências (60, 75, 90 e 105 dias), enquanto as subparcelas corresponderam às intensidades (5, 10 e 20 cm) nos anos de 2024 e 2025. A redução da frequência de colheita elevou a altura da planta (27 a 36 cm), a largura da copa (19 a 25 cm) e o comprimento do ramo primário (20 a 29 cm), refletindo maior acúmulo de forragem. A diminuição da intensidade de colheita promoveu aumento em todas as variáveis avaliadas, resultando em maior produção de flores, vagens e sementes. A abelha nativa Arapuá (*Trigona spinipes*) foi dominante na visitação floral, com frequências entre 70 e 97% e constância superior a 60%. Borboletas ocorreram em baixa frequência (< 10%), enquanto *Apis mellifera* e *Bombus* sp. foram registrados de forma ocasional. A constância da Arapuá correlacionou-se fortemente com a altura da planta e o comprimento dos ramos, enquanto o número de flores apresentou correlação forte com a borboleta *Euptoieta* sp. Menor intensidade (20 cm) e de frequência moderada (10 cm) favorecem simultaneamente a estrutura da planta, a floração, o acúmulo de forragem e a manutenção de polinizadores. Embora a diversidade de visitantes tenha sido baixa, *C. ternatea* desempenhou uma importante função ecológica ao atuar como habitat e fonte contínua de recursos florais para polinizadores. Assim, o manejo da colheita de *C. ternatea* pode ser ajustado para melhorar a morfologia e o acúmulo de forragem enquanto promove o suporte ao serviço ecossistêmico de polinização.

Palavras-chaves: leguminosa forrageira, manejo de colheita, morfologia vegetal, serviços ecossistêmicos, visitantes florais.

ABSTRACT- *Clitoria ternatea* L. stands out for its high forage nutritive value and continuous flowering, which may attract floral visitors. This study aimed to evaluate the effects of different cutting frequencies (60, 75, 90, and 105 days) and cutting intensities (5, 10, and 20 cm) on morphostructural and reproductive traits and floral visitation. The experiment was conducted in a randomized complete block design with a split-plot arrangement and four replications, in 2024 and 2025. Main plots consisted of cutting frequencies (60, 75, 90, and 105 days), while subplots corresponded to cutting intensities (5, 10, and 20 cm). Reduced cutting frequency increased plant height (27 to 36 cm), canopy width (19 to 25 cm), and primary branch length (20 to 29 cm), reflecting greater forage accumulation. Lower cutting intensity promoted increases in all evaluated variables, resulting in higher production of flowers, pods, and seeds. The native bee *Trigona spinipes* was dominant in floral visitation, with frequencies ranging from 70 to 97% and constancy above 60%. Butterflies occurred at low frequency (< 10%), while *Apis mellifera* and *Bombus* sp. were recorded occasionally. The constancy of *T. spinipes* was strongly correlated with plant height and branch length, whereas the number of flowers showed a strong correlation with the butterfly *Euptoieta* sp. Lower cutting intensity (20 cm) combined with moderate frequency favored plant structure, flowering, forage accumulation, and pollinator maintenance. Although visitor diversity was low, *C. ternatea* played an important ecological role as a habitat and continuous floral resource for pollinators. Thus, harvest management of *C. ternatea* can be adjusted to improve plant morphology and forage accumulation while supporting pollination ecosystem services.

Keywords: forage legume, cutting management, floral visitors, plant morphology, ecosystem services.

1. INTRODUÇÃO

As leguminosas desempenham papel central na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, por potencializarem a ciclagem de nutrientes. Segundo Muir et al. (2025), a produção de forragem rica em nitrogênio permite que, ao retornarem ao ecossistema via serapilheira ou excreta animal, elas enriqueçam o solo e reduzam a dependência de insumos externos. Estas espécies são fundamentais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas por meio da fixação biológica de nitrogênio e da intensificação da ciclagem de nutrientes (Luo et al., 2024). Além disso, devido às elevadas concentrações de proteína bruta, as leguminosas são utilizadas como suplemento proteico para animais, reduzindo custos ao reduzir a dependência de concentrados, como o farelo de soja (Sales-Silva et al., 2024).

A família *Fabaceae* é uma das mais diversas dos trópicos e compreende mais de 650 gêneros e inúmeras espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas adaptadas a uma ampla gama de ecossistemas (Shamseldin et al., 2017). Sua incorporação aos sistemas pecuários representa uma estratégia eficiente para aumentar o valor nutritivo da dieta animal, especialmente em períodos do ano em que a qualidade das gramíneas tropicais é reduzida (Greenwood, 2021).

Leguminosas estimulam a atividade biológica do solo em sistemas consorciados, intensificam a ciclagem de nutrientes e promovem o sequestro de carbono, aumentando a resiliência e a qualidade das pastagens (Dubeux et al., 2017; Terra et al., 2019). Entre as leguminosas tropicais, a cunhã (*Clitoria ternatea* L.) se destaca por sua versatilidade, hábito perene e elevado vigor vegetativo (Hanson e Ellis, 2020).

A cunhã pode ser utilizada de diferentes formas (produção de feno, bancos de proteína e cobertura do solo), e sua elevada aceitabilidade pelos animais se deve à baixa presença de compostos antinutricionais (Juma et al., 2006; Sales-Silva et al., 2024). Em condições favoráveis, pode atingir produtividades de até A produtividade atingiu 25 toneladas de MS ha⁻¹ ano⁻¹ (Abreu et al., 2014; Damas, 2024).

O manejo de colheita, definido pela interação entre a frequência e a intensidade dos cortes, é determinante para o desempenho de leguminosas forrageiras. O produto afeta a rebrota, o acúmulo de forragem, a qualidade da forragem, a persistência das plantas

e a dinâmica de florescimento (Araujo Filho et al., 1996; Silva et al., 2010; Teixeira et al., 2010; Shein et al., 2013).

A frequência e o momento dos cortes também influenciam a disponibilidade e a persistência das flores, modulando a quantidade de recursos oferecidos a polinizadores, como abelhas e borboletas. Cortes muito frequentes ou realizados em períodos críticos podem limitar a floração, reduzindo a visitação de polinizadores e comprometendo a produção de sementes (Cole et al., 2022). Por outro lado, intensidades de cortes mais baixas podem ampliar a janela de floração, aumentar a abundância de visitantes florais e melhorar a reprodução das plantas (Del Portillo et al., 2022).

Estudar essa relação é fundamental, uma vez que os polinizadores contribuem para o aumento da produção de sementes, essencial para a renovação natural do cultivo e a sustentabilidade do sistema (Sanchez et al., 2021; Cole et al., 2022; Del Portillo et al., 2022). Além disso, a presença de polinizadores aumenta a biodiversidade funcional, favorece o controle biológico de pragas e fortalece a resiliência dos agroecossistemas (Wyckhuys et al., 2023; Sanchez et al., 2021).

Nesse contexto, o manejo adequado pode favorecer a produtividade animal, por meio do aumento do acúmulo de forragem de qualidade e da persistência das forrageiras e dos serviços ecossistêmicos associados, como a polinização. Considerando estes aspectos, compreender como diferentes intensidades e frequências de colheita influenciam a floração e a dinâmica de visitantes é essencial para promover tanto a forragem produzida, quanto os serviços ecossistêmicos. Assim, a hipótese deste estudo é que cortes mais frequentes, associados a intensidades moderadas a baixas, favorecem a morfologia da planta, melhoram sua estrutura e promovem maior atração de polinizadores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes frequências e intensidades de corte sobre a morfologia, o acúmulo de forragem e as estruturas reprodutivas e padrões de visitação floral na cunhã, a fim de identificar estratégias de manejo que conciliem as condições morfoestruturais adequadas para alimentação animal e a promoção de polinizadores.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Leguminosas forrageiras e serviços ecossistêmicos em sistemas tropicais

Diante do agravamento das mudanças climáticas em escala global, estratégias capazes de conciliar a produtividade agropecuária e a sustentabilidade ambiental têm assumido um papel central no planejamento dos sistemas de produção animal. Nesse contexto, práticas que favoreçam o uso eficiente dos recursos naturais, a estabilidade produtiva das forrageiras e a redução da dependência de insumos externos são fundamentais para o fortalecimento da resiliência dos sistemas pecuários tropicais (Chen et al., 2021; Bai; Cotrufo, 2022).

Nos sistemas de produção animal baseados em pastagens, o nitrogênio é dos principais fatores que podem limitar a produtividade e a qualidade da forragem, pois exerce influência direta sobre o acúmulo de forragem, o teor de proteína bruta e a capacidade de suporte das pastagens, sendo tradicionalmente suprido por meio da adubação nitrogenada sintética. No entanto, além dos elevados custos econômicos, o uso intensivo desses fertilizantes está associado a perdas por volatilização e lixiviação, bem como ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, o que compromete a sustentabilidade dos sistemas pecuários (Mcgraw et al., 2008; Thilakarathna et al., 2012).

A inserção de leguminosas forrageiras em sistemas pecuários destaca-se como uma alternativa estratégica para a intensificação sustentável da produção animal. Por meio da associação simbiótica com rizobactérias fixadoras de nitrogênio, estas espécies contribuem para o aporte contínuo desse nutriente no sistema, favorecendo a produtividade das pastagens e a melhoria do valor nutritivo da forragem ofertada aos animais (Rochon et al., 2010; Rispaill et al., 2015). Além disso, as leguminosas apresentam elevado teor proteico e alta digestibilidade, características que ampliam seu potencial como componente da dieta de ruminantes em pastejo.

A integração de leguminosas às pastagens tem sido associada ao aumento do desempenho animal, à melhoria da eficiência de uso do nitrogênio e à maior estabilidade produtiva ao longo do tempo, em ambientes tropicais sujeitos à sazonalidade climática (Lüscher et al., 2014; Dubeux Jr. et al., 2015). Em sistemas consorciados, estas espécies podem contribuir para o equilíbrio da dieta dos animais, reduzindo a necessidade de suplementação proteica e promovendo maior eficiência biológica do sistema.

Além de seus efeitos diretos na alimentação animal, as leguminosas exercem influência relevante no funcionamento ecológico das pastagens. O aporte de resíduos

vegetais, a diversificação das fontes de carbono e o estímulo à atividade microbiana favorecem a ciclagem de nutrientes e a manutenção da fertilidade do solo, criando condições que sustentam a produtividade forrageira ao longo do tempo (Terra et al., 2019; Zhou et al., 2023). Estes processos contribuem para a estabilidade do suprimento de forragem, aspecto central para sistemas pecuários baseados em plantas forrageiras.

As leguminosas forrageiras apresentam elevado potencial para a provisão de serviços ecossistêmicos, incluindo o sequestro de carbono no solo, a regulação de processos biogeoquímicos e o fornecimento de recursos florais para insetos visitantes, especialmente polinizadores (Guan et al., 2016; Muir et al., 2019). A presença de flores ao longo do ciclo produtivo amplia a funcionalidade ecológica dos cultivos de forrageiras, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e do equilíbrio dos agroecossistemas.

A polinização se configura como um serviço ecossistêmico essencial para a sustentabilidade da produção e do desenvolvimento agrícola, exercendo influência positiva tanto sobre a conservação da diversidade genética das plantas nativas, quanto sobre a manutenção da biodiversidade, do funcionamento dos ecossistemas e do rendimento e da qualidade de numerosas culturas agrícolas em níveis local e mundial. Este serviço ecossistêmico exerce influência positiva sobre o rendimento e a qualidade de numerosas culturas agrícolas em níveis locais e mundial (Costanza et al., 2017; El Abdouni et al., 2022).

O potencial forrageiro das leguminosas depende fortemente do manejo adotado (Lemaire; Chapman, 1996). além disso, essas espécies exercem papel relevante na provisão de serviços ecossistêmicos, como a fixação biológica de nitrogênio e a melhoria da fertilidade do solo (Peoples et al., 2010).

A frequência e a intensidade de corte influenciam diretamente a morfologia da planta, a persistência das populações e a dinâmica de crescimento (Frame; Laing, 1986; Lemaire et al., 2011). Manejos mais intensos ou realizados em períodos críticos podem comprometer a floração e a longevidade das plantas, reduzindo a disponibilidade de recursos florais e os serviços associados à polinização (Gussenhoven et al., 2010; Klein et al., 2007), enquanto estratégias mais equilibradas tendem a favorecer tanto o acúmulo de forragem de qualidade, quanto a manutenção das funções ecológicas do sistema.

Compreender como diferentes alturas de corte e frequências de colheita afetam a estrutura da planta, a dinâmica de floração e a interação com visitantes florais torna-se essencial para o desenvolvimento de sistemas pecuários capazes de conciliar

eficiência produtiva e sustentabilidade ecológica. Esta abordagem permite avançar na construção de estratégias de manejo que promovam a produção animal sem comprometer os serviços ecossistêmicos fundamentais ao funcionamento e à resiliência das áreas com forrageiras.

Diversas leguminosas forrageiras têm sido utilizadas nos sistemas pecuários brasileiros, com destaque para a cunhã espécie reconhecida por seu elevado valor nutritivo, boa adaptação às condições tropicais e potencial para integração com gramíneas, apresentando boa compatibilidade agrônômica e melhoria na qualidade da forragem produzida (Silva, 2022).

Além de contribuir para a alimentação animal por meio da produção de forragem com alto teor proteico, a cunhã apresenta floração contínua, com oferta regular de recursos florais ao longo do ciclo, o que amplia sua relevância funcional nos sistemas produtivos ao associar desempenho animal e provisão de serviços ecossistêmicos.

2.2 Caracterização botânica e potencial forrageiro de *Clitoria ternatea* L.

A cunhã é uma leguminosa pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae* e subtribo *Clitoriinae* (Abreu et al., 2014; Oguis et al., 2019). Há divergências na literatura quanto ao seu centro de origem. Enquanto Gupta et al. (2010) sugeriram a ilha de Ternate, na Indonésia, como possível local de domesticação, outros autores indicam uma origem mais ampla no continente asiático (Ribeiro, 1983; Barro; Gomez; Kalamani, 2003; Avalos et al., 2004), havendo registros que apontam para a América do Sul ou Central e a região do Caribe como possíveis áreas de origem ou dispersão inicial da espécie (Cook et al., 2020).

A germinação e o estabelecimento inicial da cunhã são favorecidos por temperaturas entre 24 e 32 °C, associadas à semeadura em solos com disponibilidade hídrica adequada. Recomenda-se que a semeadura seja realizada a profundidades de 2,5 a 5 cm, com espaçamento entre plantas de 20 a 30 cm. Para a obtenção de um estande adequado, indica-se a utilização de 2 a 6 kg de sementes por hectare (Cook et al., 2020).

A cunhã tem sido utilizada como forrageira, destacando-se pelo elevado valor nutritivo (Oguis et al., 2019). Por se tratar de uma trepadeira perene, propagada por sementes, apresenta potencial significativo como alternativa alimentar para ruminantes em regiões de clima quente, sendo uma opção viável para sistemas de produção pecuária (Abreu et al., 2014). A planta possui caule principal subereto e lignificado na base,

enquanto os ramos secundários são mais delgados e entrelaçados, podendo atingir comprimentos entre 0,5 e 3,0 m. As folhas são compostas e pinadas, formadas por cinco a sete folíolos, sustentados por pecíolos de 1,5 a 3,0 cm de comprimento.

As flores (Figura 1) são axilares, ocorrendo isoladamente ou em pares, com aproximadamente 42 mm de comprimento e 32 mm de largura, apresentando simetria zigomorfa e caráter bissexual (Aluri; Kunuku, 2021). A coloração floral é variável, podendo apresentar tonalidades brancas, malva, azul-clara ou azul-escura (Cook et al., 2020). A antese ocorre no período da manhã, entre 7h e 8h, durante a estação chuvosa, e entre 6h e 8h nas estações de inverno e verão (Aluri; Kunuku, 2021).

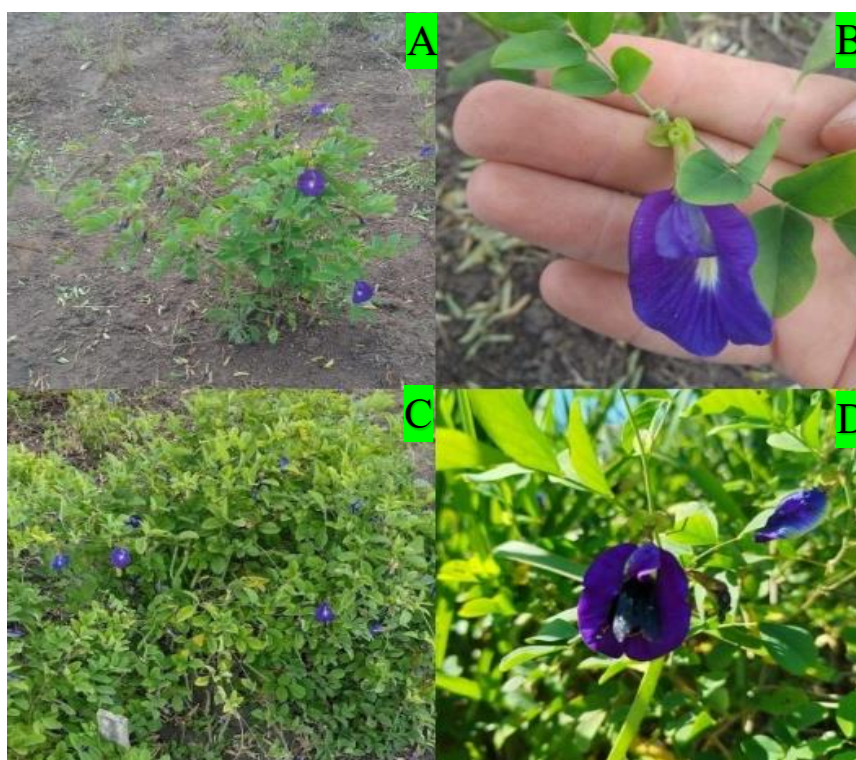


Figura 1. Aspectos morfológicos e ecológicos da cunhã (*Clitoria ternatea* L.). (A) detalhe da biomassa aérea e vagens em formação; (B) detalhe da morfologia floral e folhas para escala visual; (C) hábito de crescimento da planta em campo experimental, e (D) interação com abelha nativa durante a visita floral.

A espécie apresenta sistema radicular profundo e produz vagens com, em média, oito a 11 sementes. As sementes são alongadas e ligeiramente achatadas, medindo entre 4,5 e 7,0 mm de comprimento e 3,0 a 4,0 mm de largura, com coloração variando de marrom-escura a quase preta e aspecto brilhante (Ali et al., 2013). De acordo com Cook et al. (2020), a cunhã possui cerca de 23.000 sementes por quilograma. Após o

estabelecimento, a espécie apresenta elevada capacidade de produção de sementes e pode exercer efeito competitivo sobre plantas daninhas, embora práticas de controle de espécies invasoras possam ser necessárias após a colheita (Morris, 2009).

A cunhã apresenta elevada aceitabilidade pelos animais, associada a bom valor nutritivo, o que resulta em maior preferência em relação a outras forrageiras tropicais (Gomez; Kalamani, 2003; Rout, 2005; Aluri; Kunuku, 2021). Entre as leguminosas tropicais, destaca-se pela versatilidade de uso, pelo hábito perene e pelo elevado vigor vegetativo (Hanson; Ellis, 2020). Sua flexibilidade de manejo permite o uso em diferentes formas, como pastejo ou corte, produção de feno, bancos de proteína e cobertura do solo. A elevada aceitabilidade pelos animais está associada, em parte, à baixa concentração de compostos antinutricionais (Juma et al., 2006; Sales-Silva et al., 2024).

A produção de matéria seca da cunhã, avaliada a uma altura de corte de 20 cm acima do solo, aumenta com a idade da planta, atingindo aproximadamente 592 kg de MS ha⁻¹ aos 35 dias e 3.129 kg de MS ha⁻¹ aos 90 dias de crescimento, evidenciando seu expressivo potencial produtivo (Abreu et al., 2014). Em condições ambientais favoráveis, a espécie pode alcançar produtividades de até 25 t de matéria seca por hectare ao ano (Abreu et al., 2014; Damas, 2024).

Sob o ponto de vista nutricional, a cunhã caracteriza-se por elevados teores de proteína bruta, geralmente superiores aos observados em gramíneas tropicais, associados a concentrações intermediárias de componentes fibrosos, o que reforça seu elevado valor como forrageira. A literatura evidencia ampla variação nos teores proteicos da espécie em função do estágio fenológico e da fração vegetal avaliada, com registros superiores a 200 g kg⁻¹ de proteína, sobretudo nas folhas (Avalos et al., 2004; Barros et al., 1991; Teixeira et al., 2010).

Em relação à fração fibrosa, os valores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido situam-se, respectivamente, entre 420 e 605 g kg⁻¹ e 376 e 474 g kg⁻¹ de matéria seca, faixas consideradas moderadas para leguminosas tropicais e compatíveis com elevados coeficientes de digestibilidade (Barros et al., 1991; Juma et al., 2006; Santos et al., 2017).

A cunhã estabelece associação simbiótica com bactérias do solo fixadoras de nitrogênio atmosférico (Mistura et al., 2011), podendo fixar de 100 a 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (Ladha et al., 1996; Damas, 2024). Sua elevada adaptabilidade e resistência a períodos de seca, aliadas à rápida capacidade de rebrota após o início das chuvas, tornam

a cunhã relevante para sistemas pecuários da região nordeste do Brasil (Abreu et al., 2014).

2.3 Ecologia da polinização e interações planta-visitante floral

Os recursos florais desempenham papel central no estabelecimento e na manutenção de interações mutualísticas entre plantas e animais, sendo definidos como os diferentes componentes produzidos pelas flores e explorados pelos visitantes florais (Aronne et al., 2012; Agostini et al., 2014; Fowler et al., 2016). Nesse contexto, a polinização realizada por distintos grupos animais é um elemento essencial para o sucesso reprodutivo da maioria das plantas com flores, uma vez que influencia diretamente a formação de frutos e sementes, inclusive em espécies de interesse agrícola (Mallinger; Prasifka, 2017).

Entretanto, a simples visita às flores não garante a efetiva prestação do serviço de polinização, pois nem todos os visitantes florais atuam como polinizadores (King et al., 2013). Além de sua importância produtiva, as leguminosas forrageiras desempenham relevante papel ecológico ao disponibilizarem néctar, pólen e estruturas florais que funcionam como fonte de alimento e habitat para uma ampla diversidade de visitantes florais. Estes organismos podem explorar os recursos florais de forma frequente ou oportunista, sem necessariamente atuarem como polinizadores efetivos, uma vez que nem todo visitante realiza a transferência de pólen para o estigma da flor (Alves-dos-Santos et al., 2016; Raderschall et al., 2021).

Ainda assim, a presença desses visitantes contribui para a manutenção da biodiversidade funcional e para a complexidade ecológica dos sistemas de produção, especialmente em áreas que incorporam leguminosas forrageiras (Imperatriz-Fonseca; Nunes-Silva, 2010; Irwin et al., 2010).

A atuação de insetos polinizadores nativos e manejados é essencial para aproximadamente 33% do abastecimento alimentar global, representando um impacto econômico anual estimado em mais de US\$ 152 bilhões (Klein et al., 2007; Gallai et al., 2009).

Polinizadores e leguminosas apresentam elevada interdependência ecológica, uma vez que essas plantas são importante fonte de recursos alimentares, ao mesmo tempo em que dependem da ação de insetos polinizadores para sua reprodução e para a manutenção da diversidade genética das populações (Suso et al., 2016). Nesse contexto, espécies da

família *Fabaceae* produzem pólen particularmente rico em proteínas, que desempenha papel fundamental no fornecimento dos nutrientes necessários à reprodução e ao desenvolvimento de polinizadores (Keijn; Raemakers, 2008). Esta relação funcional evidencia a relevância das interações planta–polinizador para a estabilidade dos sistemas naturais e produtivos.

Ao promover a reprodução de plantas, a polinização garante a produção de alimentos e contribui para a manutenção da variabilidade genética das espécies nativas (El Abdouni et al., 2022). Esta variabilidade genética é fundamental para a adaptação das plantas às mudanças ambientais e para a resiliência dos ecossistemas (Costanza et al., 2017). A interação entre plantas e polinizadores é um dos pilares da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

A visitação floral, um processo fundamental para a reprodução das plantas, impulsionou a coevolução entre plantas e insetos, moldando a diversidade de ambos os grupos (Schoonhoven et al., 2005). Embora a polinização seja realizada predominantemente por insetos, como abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros, há também a participação de vertebrados, incluindo aves, morcegos, outros mamíferos e lagartos, atuando como agentes polinizadores em diferentes sistemas (POTTS et al., 2016). Entre os agentes polinizadores, as abelhas destacam-se como os principais insetos responsáveis pela polinização, atuando tanto em sistemas agrícolas quanto na reprodução de espécies vegetais florestais (Klein et al., 2007; Potts et al., 2010).

Entre as diferentes espécies de abelhas, a abelha africanizada possui grande relevância ecológica e econômica, pois participa da polinização de numerosas culturas agrícolas em escala global (Klein et al., 2007; Rader et al., 2009). Outra espécie de destaque é a *Trigona spinipes*, reconhecida por sua ampla distribuição na América do Sul (Pedro, 2014) e registrada em 21 dos 26 estados brasileiros (Camargo; Pedro, 2013). Esta espécie ocorre em diversos biomas do Brasil, incluindo Caatinga, Amazônia, Cerrado, Pampa, Mata Atlântica e Pantanal (Tavares et al., 2021), o que justifica sua caracterização como uma espécie de comportamento cosmopolita (Kleinert; Giannini, 2012).

Mota (2022) observou elevada frequência de visitas de *A. mellifera* e *T. spinipes* em espécies de leguminosas forrageiras submetidas a cortes a cada 60 dias e mantidas a uma altura residual de 20 cm, indicando o uso dessas plantas como fontes de néctar e pólen, independentemente da ocorrência de polinização efetiva. Esse padrão corrobora as observações de Diniz (2020), que aponta *A. mellifera* e *Exomalopsis auropilosa* como

visitantes florais frequentes em leguminosas, sobretudo em períodos de maior disponibilidade hídrica.

As plantas forrageiras podem ajudar na promoção e aprimoramento da biodiversidade de visitantes florais. A introdução de leguminosas forrageiras nos sistemas de produção de forragem pode contribuir para aumentar a diversidade de visitantes florais nas áreas de pastagens, devido à variedade de estruturas florais que possuem (Diniz et al., 2020).

2.4 Respostas morfológicas e produtivas ao manejo de colheita

A frequência e a intensidade de colheita são componentes fundamentais do manejo de plantas forrageiras, uma vez que influenciam diretamente o potencial de rebrota e a persistência das espécies. A remoção da biomassa aérea desencadeia alterações morfológicas e fisiológicas, como a redução da absorção de água e de nutrientes, diminuição da eficiência fotossintética e interrupção temporária do crescimento radicular, afetando o desempenho produtivo das plantas (Shen et al., 2013).

Nesse sentido, o manejo de colheita é determinante para o sucesso no cultivo de leguminosas forrageiras, pois cada espécie apresenta exigências específicas, e práticas inadequadas podem comprometer tanto o desenvolvimento, quanto o acúmulo de forragem (Gierus et al., 2012).

Além disso, a frequência de corte exerce influência direta sobre o acúmulo de forragem e o valor nutricional das leguminosas forrageiras perenes (Justes et al., 2002). A produção de forragem está diretamente associada à frequência e à intensidade de colheita, pois esses fatores determinam a área foliar remanescente e, conseqüentemente, a capacidade de rebrota das plantas. Ao avaliarem diferentes frequências de corte em cunhã (42, 56, 70 e 84 dias), Araújo Filho et al. (1994) observaram um incremento progressivo na produção de matéria seca com o aumento da frequência entre cortes, atingindo uma média de 4,86 toneladas de MS ha⁻¹ aos 84 dias.

Estes resultados indicaram que frequências mais longas favorecem o acúmulo de forragem, embora possam resultar em alterações na estrutura do dossel e em reduções potenciais na qualidade da forragem. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2010), que, ao avaliarem diferentes frequências de colheita em leguminosas forrageiras, observaram maior acúmulo de biomassa na cunhã sob frequências de corte

mais longas, com destaque para o corte aos 56 dias, em comparação aos 28 dias. Os autores também relataram um maior número de ramificações em plantas submetidas a cortes menos frequentes, enquanto a remoção intensiva, em intervalos curtos, comprometeu o desenvolvimento do sistema radicular da espécie. Além dos efeitos sobre a produção, a idade de corte influencia significativamente o valor nutritivo da cunhã.

Umami et al. (2021) avaliaram o teor de nutrientes e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica em diferentes frequências de cortes (40, 50 e 60 dias) e observaram maior digestibilidade da matéria seca (70 %) em plantas colhidas aos 40 dias. Os autores concluíram que a faixa mais adequada para o corte, considerando a digestibilidade, situa-se entre 30 e 50 dias.

Sales-Silva et al. (2023) destacaram o elevado potencial da cunhã para manejo de corte, devido ao acúmulo de forragem (329 a 4.900 kg de MS ha⁻¹ ano⁻¹) e ao alto valor nutritivo, embora a qualidade nutricional varie conforme a frequência de corte. Nesse contexto, a frequência de 60 dias, da cunhã apresentou maiores concentrações de proteína bruta e melhor digestibilidade, superando outras leguminosas forrageiras, como estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* × *Stylosanthes macrocephala*) e jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell.).

Este desempenho é atribuído, em parte, ao hábito trepadeiro da cunhã, que resulta em menor teor de lignina no caule. Por outro lado, aos 90 dias, observou-se aumento dos teores de fibra, indicando possível declínio da qualidade nutricional. Abreu et al. (2014) corroboraram esses resultados ao relatarem variações nos teores de proteína bruta e de lignina em folhas e ramos da cunhã, colhidos aos 50 e 70 dias com a intensidade de corte de 20 cm, evidenciando o efeito da idade de colheita sobre a composição bromatológica da espécie.

Apesar dessas variações, Silva Neto et al. (2024) observaram que diferentes frequências de corte não impactaram significativamente o acúmulo de forragem em 270 dias, o qual variou de 3 a 4 toneladas de MS ha⁻¹, para as frequências de 60 e 90 dias. Segundo Souza et al. (1996), a estabilidade produtiva está associada à elevada resistência da cunhã ao estresse e à alta taxa de rebrota, características atribuídas à elevada concentração de carboidratos não estruturais, que atuam como substrato para a formação de novos tecidos após o corte.

Damas (2024) verificou que o manejo da cunhã com frequência de corte de 60 dias, associado às alturas de 10 e 20 cm, resultou em produção anual de forragem de aproximadamente 6,6 toneladas de MS ha⁻¹ ano⁻¹, com produção média de 1.100 kg de

MS ha⁻¹ por corte, elevada proporção de folhas (≈50%) e relação folha/caule de 2,5, além de expressiva fixação biológica de nitrogênio, estimada em 226 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, evidenciando a elevada eficiência fisiológica da espécie em sustentar a produtividade sob manejos de corte mais frequentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município do Carpina, na Zona da Mata Seca do estado de Pernambuco, situada a 7°51'133" S e 35°14'102" W. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), o clima predominante na região é o As, tropical chuvoso com verão seco, com o período chuvoso ocorrendo de maio a agosto. Durante o período experimental, a precipitação acumulada foi de 2.219,6 mm (Figura 2).

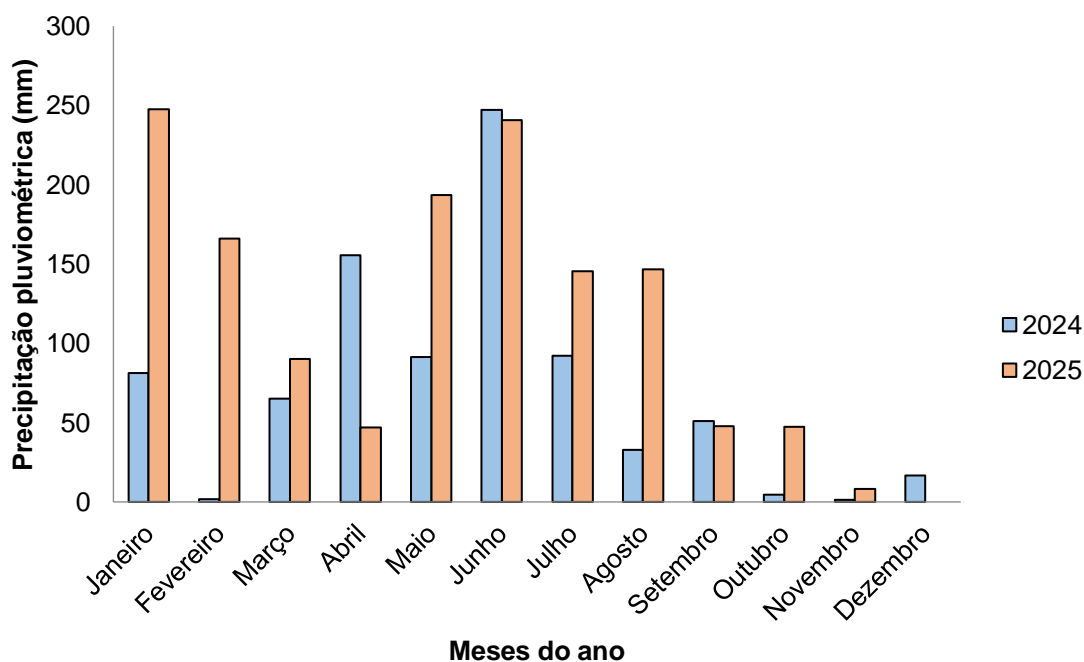


Figura 2. Precipitação pluvial no período experimental, Carpina, Pernambuco, Brasil
Fonte: APAC (2024).

A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) foi avaliada sob diferentes frequências de corte (60, 75, 90 e 105 dias) e intensidades de corte (5, 10 e 20 cm). Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas (frequência de corte na

parcela principal e intensidade de corte na subparcela), e quatro repetições. A espécie foi cultivada em parcelas de 12 m² (6 x 2 m) em covas, com espaçamento de 0,5 m x 0,5 m. O controle das plantas invasoras foi feito por meio de capinas manuais e o combate de formigas cortadeiras, por meio da aplicação de formicidas a base de fipronil, sulfluramida e deltametrina.

O solo da área experimental é classificado como argissolo, de acordo com a classificação da FAO (FAO, 2014), com textura franco-arenosa. As características químicas do solo (0 a 20 cm) no plantio foram: P (Mehlich-I) = 24 mg dm⁻³, pH em água = 5,20; Ca²⁺ = 3,80 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,45 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,06 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,21 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,05 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al³⁺ = 6,79 cmol_c dm⁻³; CTC = 12,4 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica (MO) = 1%, e saturação por bases (V%) = 45%.

A instalação do campo experimental de cunhã foi em 17 de maio de 2021. O solo foi preparado por meio de aração e gradagem. Foram utilizadas sementes comerciais e plantadas três por cova. Foram aplicados 22 kg ha⁻¹ de P e 50 kg ha⁻¹ de K, conforme recomendação de Cavalcanti et al. (2008), para plantio da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit).

De junho de 2024 a julho de 2025, foram realizadas seis, quatro, quatro e três colheitas, com frequências de 60, 75, 90 e 105 dias, respectivamente. Foram mensurados a altura da planta, o diâmetro do caule e do ramo, a largura da copa, o comprimento de folha, dos ramos primários e secundários, bem como o número de folhas, de ramos primários e secundários e a presença de estruturas reprodutivas (flores e vagens).

A altura da planta foi avaliada com o auxílio de uma trena métrica e correspondeu à distância vertical entre a superfície do solo e as folhas mais altas. Os diâmetros do caule e do ramo foram avaliados com o auxílio de um paquímetro. A largura da planta foi obtida pela média aritmética de duas mensurações na copa da planta (realizadas em dois eixos perpendiculares à planta), utilizando-se uma trena métrica. O número de ramos, de folhas por ramo, de estruturas reprodutivas (flores e vagens) e de sobrevivência foi avaliado por meio de contagens.

Após cada colheita, as plantas foram imediatamente pesadas para a obtenção da massa fresca e, em seguida, fracionadas em seus componentes morfológicos (folhas, caules, vagens e flores). As frações foram pré-secas em estufa a 55 °C até atingirem peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas com peneiras de 1 e 2 mm de crivo e acondicionadas em sacos plásticos para a determinação do teor de matéria seca (MS) (930.15), conforme a metodologia descrita pela AOAC (2016). O acúmulo de forragem

foi estimado a partir do teor de MS, multiplicado pelo peso fresco das plantas na área útil de cada unidade experimental. Os valores foram extrapolados para a base de hectare, expressos em kg de MS ha⁻¹ por corte. As relações folha/caule e folha/vagem foram determinadas pela divisão do peso seco de folhas pelo peso seco de caules e vagens, respectivamente.

A avaliação da biodiversidade de visitantes florais foi realizada em dois dias consecutivos antes de cada corte. As observações foram realizadas desde a abertura das flores (7h) até o seu completo fechamento (17h). A avaliação dos visitantes florais foi realizada por meio da contagem de indivíduos nos primeiros dez minutos de cada horário, observando e anotando os insetos presentes nas flores e seu comportamento (se estavam coletando néctar ou pólen), segundo Malerbo-Souza e Halak (2011). Amostras dos visitantes presentes foram coletadas para identificação. Foram calculadas a frequência, constância e dominância de cada espécie, conforme Silveira Neto et al. (1976) e Dajóz (1983). De acordo com a classificação de Dajóz (1973), as espécies foram agrupadas em categorias, conforme a sua constância: constante (presentes em mais de 50% das coletas), acessória (presentes em 25 a 50% das coletas) e acidental (presentes em menos de 25% das coletas). A dominância foi calculada seguindo Sakagami e Laroca (1971).

A estrutura da comunidade de visitantes florais foi caracterizada por meio da abundância total (N), riqueza de espécies (S), índice de diversidade de Shannon–Wiener (H'), índice de diversidade de Simpson (1 – D) e equitabilidade de Pielou. O N correspondeu ao número total de indivíduos registrados durante o período de observação em cada unidade experimental, obtido pela soma das visitas de todas as espécies. A riqueza de espécies (S) foi definida como o número de espécies distintas de visitantes florais observadas em cada tratamento, independentemente da frequência de visitação.

O índice de diversidade de Shannon–Wiener (H') foi calculado conforme proposto por Shannon (1948):

$$H' = - \sum_{\{i=1\}}^S p_i \ln(p_i)$$

em que p_i corresponde à proporção de indivíduos da i -ésima espécie em relação ao total de indivíduos amostrados, e S representa o número total de espécies.

O índice de diversidade de Simpson (1 – D) foi estimado de acordo com Simpson (1949):

$$1 - D = 1 - \sum_{\{i=1\}}^S p_i^2$$

em que p_i corresponde à proporção de indivíduos da i -ésima espécie em relação ao total de indivíduos amostrados, e S representa o número total de espécies. Valores próximos a 1 indicam maior diversidade, enquanto valores próximos a 0 refletem maior dominância de uma ou poucas espécies. Este índice expressa a probabilidade de que dois indivíduos selecionados aleatoriamente pertençam a espécies distintas e é particularmente sensível à predominância das espécies mais abundantes.

A equitabilidade de Pielou (J) foi calculada segundo Pielou (1966):

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

em que H' corresponde ao índice de Shannon e S refere-se ao número total de espécies. Este índice varia de 0 a 1 e expressa o grau de uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo valores próximos de 1 indicativos de maior equilíbrio na comunidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância e suas pressuposições pelo procedimento PROC GLIMMIX do *software* Statistical Analysis System (SAS) On demand. Os tratamentos e suas interações foram considerados como efeitos fixos e os blocos (quatro), colheitas (quatro, cinco, quatro e três para as frequências de cortes de 60, 75, 90 e 105 dias) e épocas (chuvosa e seca) como efeitos aleatórios. Contrastes polinomiais ortogonais foram utilizados para avaliar componentes lineares e quadráticos da resposta à frequência e à intensidade de colheita. Caso o mesmo efeito tenha apresentado contraste linear e quadrático significativo, optou-se pelo quadrático. O nível de significância adotado foi de 5%.

As relações entre as variáveis morfoestruturais e reprodutivas da planta e os atributos da comunidade de visitantes florais foram avaliadas pelas análises multivariadas complementares, visando compreender tanto os padrões gerais associados ao manejo, quanto as interações entre os componentes do sistema.

Foi realizada uma análise de redundância (RDA) para investigar o efeito combinado da frequência de colheita e da intensidade de corte sobre o conjunto de variáveis-resposta. As variáveis consideradas incluíram o acúmulo de forragem, altura da planta, relações folha/caule e folha/vagem, número de flores, vagens e sementes por

vagem, índices da comunidade de visitantes florais (riqueza, abundância total e índice de diversidade de Shannon), além das abundâncias relativas dos principais visitantes. Antes da análise, todas as variáveis-resposta foram padronizadas para média zero e variância unitária, a fim de minimizar os efeitos de escala. A significância do modelo global e dos termos individuais foi avaliada por meio de testes de permutação de Monte Carlo (999 permutações). Para fins de interpretação gráfica, foram mantidas apenas as variáveis que apresentaram correlação absoluta $\geq 0,40$ com pelo menos um dos dois primeiros eixos canônicos.

Em seguida, com o objetivo de aprofundar a compreensão das interações entre os componentes do sistema, foram construídas redes de correlação entre as variáveis morfoestruturais, reprodutivas e da comunidade de visitantes florais. As análises foram conduzidas separadamente para cada frequência de colheita (60, 75, 90 e 105 dias) e para cada intensidade de corte (5 e 20 cm), permitindo a identificação de padrões específicos em diferentes regimes de manejo. As associações entre as variáveis foram estimadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson, mantendo-se apenas as estatisticamente significativas ($|r| \geq 0,50$ e $P \leq 0,05$). Nas redes, as variáveis foram representadas como nós e as correlações, como arestas, cuja espessura refletiu a magnitude da associação, enquanto a coloração indicava o sinal da correlação. Para fins de interpretação ecológica, as variáveis foram organizadas em grupos funcionais, e os nós incorporaram informações sobre a magnitude média das variáveis, normalizadas pelo método min-max. Todas estas análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2024), no ambiente de desenvolvimento RStudio (Posit Software, 2026).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características morfológicas

A frequência de colheita afetou significativamente a altura, a largura e o comprimento do ramo primário da cunhã. Observou-se que a redução da frequência de corte (intervalos maiores) promoveu aumentos lineares nessas variáveis (Tabela 1). Este comportamento indica um maior investimento vegetativo em condições de menor estresse decorrente da desfolha.

Os resultados são consistentes com Damas (2024), que relatou maior porte e espessamento dos ramos em plantas de cunhã manejadas com maior altura residual e

intervalos mais longos. De forma semelhante, Diniz et al. (2023) observaram que manejos intensivos (cortes muito frequentes) reduziram o vigor vegetativo e o potencial reprodutivo de leguminosas, limitando a recuperação da planta.

Tabela 1. Características agronômicas da *Clitoria ternatea* L. em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE

Tratamentos	AP (cm)	LP (cm)	CRP (cm)	CRS (cm)	DC (cm)	DR1 (cm)	DR2 (cm)	NFP	NFLOR	NVP	NSV
Frequência de colheita (dias)											
60	23	17	15	8	1,1	0,3	0,2	1	4	1	3
75	27	22	19	11	1	0,3	0,2	2	4	2	4
90	26	20	18	11	1	0,3	0,2	2	4	3	5
105	30	24	22	13	1,1	0,3	0,2	1	4	2	4
EPM	1,3	1,4	1,7	1,2	0,2	0,0	0,0	0,5	0,4	0,6	0,6
<i>p</i> -Linear	0,001	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -Quadrático	0,776	0,269	0,959	-	-	-	-	-	-	-	-
Intensidade de colheita (cm)											
5	20	17	13	8	0,8	0,2	0,1	1	3	1	3
10	26	20	17	10	1,3	0,3	0,2	1	4	2	4
20	34	25	24	14	1,1	0,3	0,2	2	5	3	5
EPM	1,2	1,2	1,4	0,9	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	0,5	0,6
<i>p</i> -Linear	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>p</i> -Quadrático	0,124	0,266	0,028	0,001	0,001	0,765	0,031	0,531	0,274	0,994	0,384
Efeitos principais											
<i>p</i> -F. colheita	0,001	0,001	0,039	0,052	0,877	0,173	0,119	0,169	0,917	0,062	0,267
<i>p</i> -I. colheita	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Interação	0,887	0,617	0,628	0,101	0,808	0,461	0,654	0,762	0,225	0,206	0,960

AP (cm): altura da planta, LP (cm): largura da planta, CRP (cm): comprimento do ramo primário, CRS (cm): comprimento do ramo secundário, DC (cm): diâmetro do caule, DR1 (cm): diâmetro do ramo primário, DR2 (cm): diâmetro do ramo secundário, NFP: número de folhas, NFLOR: número de flores, NVP: número de vagens, NSV: número de sementes por vagem. Os valores de P referem-se à significância dos efeitos principais (frequência de colheita, intensidade de colheita) e de seus contrastes ortogonais linear e quadrático.

Para todos os testes, a significância estatística foi considerada em $P < 0,05$. - :Contraste não realizado devido à não significância do efeito principal ($P > 0,05$). SEM: erro padrão da média.

A intensidade de corte influenciou todas as variáveis avaliadas. Plantas mantidas com maior altura residual apresentaram maiores valores de altura, largura e comprimentos dos ramos primário (24 cm) e secundário (14 cm). Para diâmetro do caule, observou-se resposta quadrática, com maior espessura na intensidade de 10 cm, enquanto o diâmetro do ramo de secundário aumentou até 10 cm e estabilizou em seguida. O número de folhas por ramo, de flores por planta, de vagens por planta e de sementes por vagem aumentaram de forma linear com a maior altura residual (Tabela 1).

O aumento linear do número de folhas por ramo, de flores por planta, de vagens por planta e de sementes por vagem com a maior altura residual (Tabela 1) indica que manejos com menor intensidade de corte favorecem a antecipação e a intensificação do desenvolvimento reprodutivo. Este padrão é consistente com os resultados de Mota (2022), que relataram maior número de flores, vagens e sementes por planta em sistemas de monocultivo, atribuído ao início mais precoce do estágio reprodutivo em função da menor competição interespecífica. Contudo, a maior precocidade reprodutiva pode exigir ajustes na frequência de corte para a manutenção do valor nutritivo da forragem, uma vez que o avanço do estágio reprodutivo está associado à redução da qualidade nutricional (Abreu et al., 2014).

Os efeitos observados neste estudo sobre a morfologia de cunhã destacam o papel da altura de corte na definição de uma arquitetura que favorece o acúmulo e o valor nutritivo da forragem, bem como a capacidade de rebrota. Plantas com mais ramos e folhas, preservadas por cortes menos intensos, apresentam melhor rebrota e maior acúmulo de forragem devido à maior disponibilidade de meristemas e à área foliar remanescente (Islam et al., 2016; Samyuktha, et al., 2017; Shen et al., 2018; Li et al., 2022).

Além disso, um maior número de folhas, associado à menor proporção de tecidos lignificados, tende a elevar a digestibilidade e o teor de proteína da forragem. Em contraste com os resultados deste trabalho, Araújo Filho et al. (1994) observaram efeito significativo apenas do intervalo entre cortes sobre a produção de forragem da cunhã, sem influência da altura de corte. Esta divergência sugere que, embora a frequência determine o acúmulo de biomassa total, a intensidade é determinante para o desenvolvimento morfológico e a manutenção da estrutura produtiva de cunhã ao longo do tempo.

4.2. Acúmulo de forragem e composição morfológica

A frequência de colheita afetou significativamente o acúmulo de forragem e a proporção de folhas, caules e vagens e as relações folha/caule e folha/vagem da cunhã (Tabela 2). Observou-se aumento linear no acúmulo de forragem à medida que diminuía a frequência de corte, ou seja, em intervalos mais longos entre cortes.

O aumento linear no acúmulo de forragem observado com a redução da frequência de corte, isto é, com a adoção de intervalos mais longos entre cortes, reflete a maior capacidade de expansão do dossel e de interceptação de radiação, o que favorece a produção de forragem.

Este comportamento corrobora os resultados de Silva et al. (2010), que verificaram maior produção de biomassa da cunhã quando submetida a cortes aos 56 dias, em comparação aos 28 dias, associada a um maior número de ramificações e a um melhor desenvolvimento do sistema radicular sob menores intensidades de desfolha. Os autores também reportaram que o número de folhas de uma planta está relacionado ao potencial de acúmulo de biomassa vegetal, pois pode representar maior interceptação de luz solar e maior taxa fotossintética.

Estes resultados sugerem que a cunhã apresenta elevada tolerância a cortes sucessivos, possivelmente em função de maior eficiência nos processos de renovação dos tecidos vegetais, o que se reflete em maior produção de forragem (Marcelino et al., 2006). Porém, os resultados obtidos no presente estudo diferem parcialmente daqueles relatados por Damas (2024), que observaram que cortes mais frequentes e menos intensos podem promover o acúmulo de forragem ao longo do ano.

Tabela 2. Acúmulo de forragem e composição morfológica da *Clitoria ternatea* L. em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE

Tratamentos	Acúmulo de forragem (kg de MS/ha/colheita)	Folhas (%)	Caules (%)	Vagens (%)	Relação folha/caule	Relação folha/vagem
Frequência de colheita						
60	231	31	31	41	1,1	1,2
75	374	42	31	20	1,5	4,4
90	381	33	35	30	1,0	2,8
105	918	30	23	43	1,3	1,5
EPM	100	6	4	10	0,3	1,2
<i>p</i> -Linear	<0,0001	0,1717	0,0345	0,2104	0,6802	0,7752
<i>p</i> -Quadrático	0,2513	0,0118	0,0102	0,0001	0,7950	0,0017
Intensidade de colheita						
5	349	33	32	31	1,2	2,2
10	404	35	28	34	1,3	3,0
20	513	32	29	31	1,2	2,3
EPM	70	5	3	9	0,2	1,1
<i>p</i> -Linear	0,0013	-	-	-	-	-
<i>p</i> -Quadrático	0,6491	-	-	-	-	-
Efeitos principais						
<i>p</i> -F. colheita	0,0005	0,0080	0,0096	0,0002	0,0214	0,0023
<i>p</i> -I. colheita	0,0052	0,4396	0,3108	0,6954	0,4805	0,3805
Interação	0,8671	0,5618	0,6359	0,3382	0,5268	0,3514

Os valores de P referem-se à significância dos efeitos principais (frequência de colheita e intensidade de colheita) e de seus contrastes ortogonais, linear e quadrático. Para todos os testes, a significância estatística foi considerada em $P < 0,05$. - :Contraste não realizado devido à não significância do efeito principal ($P > 0,05$). SEM: erro padrão da média.

Para os componentes morfológicos, verificou-se um efeito quadrático da frequência de colheita sobre as proporções de folhas, caules e vagens. A proporção de folhas apresentou comportamento crescente até 75 dias, seguida de tendência de redução nas frequências posteriores. Em sentido contrário, a proporção de caules aumentou gradualmente, atingindo seu valor máximo aos 90 dias. Já a participação de vagens apresentou maior expressão nas frequências de 60 e 105 dias, indicando uma resposta diferenciada em relação aos demais componentes estruturais.

A relação folha/vagem também apresentou resposta quadrática, com maiores valores observados em frequências intermediárias (75 a 90 dias), refletindo alterações no balanço entre as estruturas vegetativas e reprodutivas ao longo do ciclo de crescimento. De acordo com Teixeira et al. (2010), a proporção entre folhas e caules em leguminosas pode influenciar diretamente o consumo de forragem pelos animais, uma vez que há preferência por estruturas mais macias e com maior valor nutritivo, como as folhas.

Além disso, é uma importante característica produtiva a relação folha/caule, pois a quantidade de folhas está diretamente associada ao potencial de acúmulo de biomassa da planta (Silva et al., 2010).

A intensidade de colheita influenciou o acúmulo de forragem, com resposta linear positiva ao aumento da altura de resíduo (Tabela 1). Contudo, a intensidade de colheita não afetou a proporção de folhas, caules e vagens, nem as relações folha/caule e folha/vagem.

Não foi observado efeito significativo da interação entre a frequência e a intensidade de colheita em nenhuma das variáveis avaliadas.

4.3. Visitantes Florais

Quanto aos visitantes florais, a comunidade observada foi dominada pela abelha sem ferrão arapuá (*Trigona spinipes*), que apresentou frequências entre 70% e 97% e constância superior a 60% em todos os tratamentos (Figura 3).

Este padrão é coerente com seu comportamento generalista e alta competitividade na exploração de recursos florais (Pedro, 2014). A elevada frequência e a constância de visitação sugerem a importância da arapuá como potencial agente polinizador em sistemas com cunhã (Barboza & Costa, 2021).

A predominância de arapuá também pode estar relacionada à morfologia das flores da cunhã e à acessibilidade do néctar, fatores que favorecem essa espécie, conforme

observado por Mota (2022). Diniz (2020), ao avaliar quatro genótipos de *Stylosanthes* submetidos a diferentes frequências de corte (56, 77 e 98 dias), registrou a presença de quatro espécies de abelhas da família *Apidae* como visitantes florais, destacando *Exomalopsis auropilosa* como a espécie com maior frequência de visitação. Os resultados indicaram que, embora a composição da comunidade de visitantes florais possa variar em função da espécie vegetal, do manejo e da morfologia das flores, a disponibilidade e a acessibilidade dos recursos florais desempenham papel central na determinação das espécies dominantes, favorecendo abelhas com estratégias de forrageamento compatíveis com a arquitetura floral e com a oferta de néctar ao longo do ciclo de crescimento.

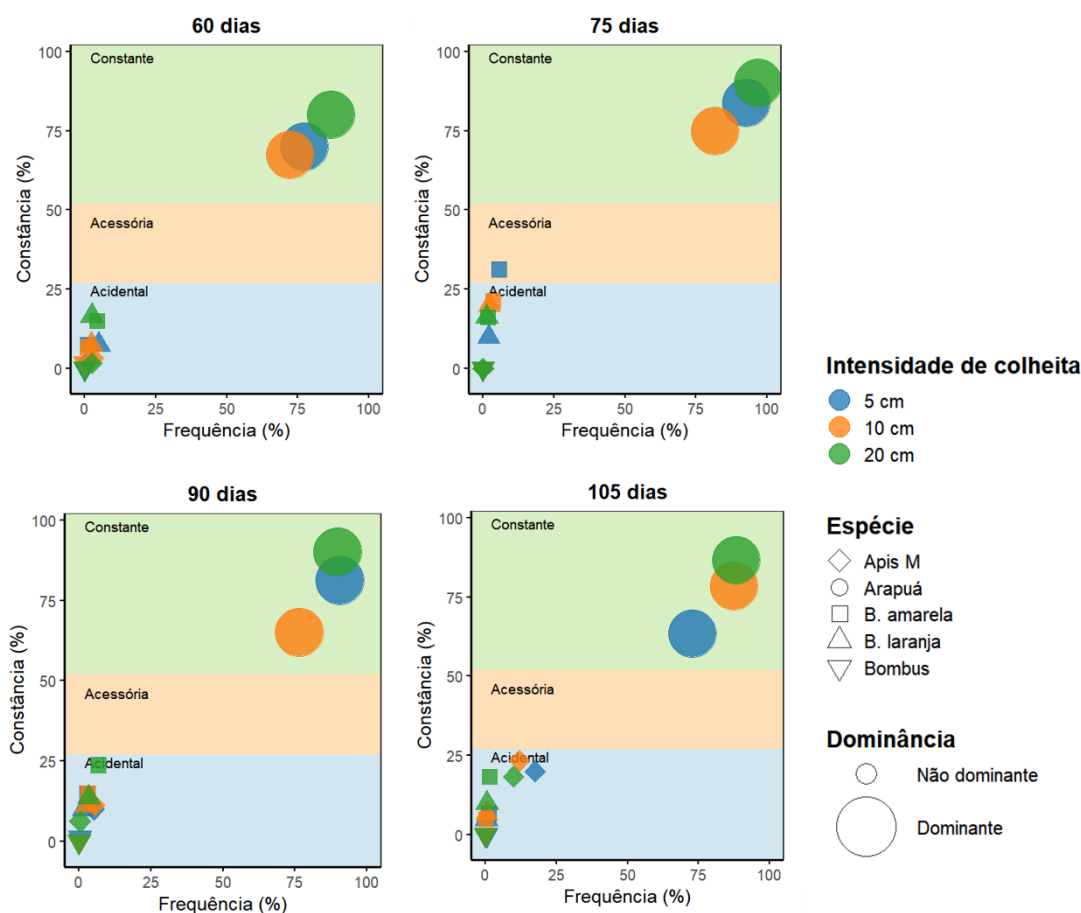


Figura 3. Frequência, constância e dominância de polinizadores na cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob diferentes frequências e intensidades de colheita. As faixas coloridas na área interna dos gráficos representam diferentes níveis de constância, sendo acidental (0 a 25% de constância), acessória (25 a 50% de constância) e constante (50 a 100% de constância), conforme Dajóz (1973).

Quanto aos visitantes florais, foram identificadas seis visitantes florais na cunhã, sendo três espécies de abelhas: arapuá (*Trigona spinipes* Fabricius, 1793), abelha africanizada (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) e mamangava (*Bombus* sp.), e duas espécies

de borboletas: borboleta-amarela (*Phoebis philea* Linnaeus, 1763) e borboleta-laranja (*Euptoieta hegesia* Cramer, 1775).

As borboletas-amarelas e laranja apresentaram baixas frequências de visitação (tipicamente < 10%), o que caracteriza baixa contribuição relativa na comunidade floral. Em geral, ambas foram classificadas como acidentais ao longo das frequências de corte, com uma exceção, aos 75 dias, na intensidade de 5 cm. A borboleta-amarela atingiu constância acima de 25%, posicionando-se como acessória, embora permanecesse não dominante (Figura 3).

As borboletas ocorreram com baixa frequência e responderam principalmente à disponibilidade de flores. Embora a diversidade geral de visitantes tenha sido baixa, houve um padrão comum em monocultivos (Pujiastuti, 2021; Brandmeier et al., 2023). A cunhã indicou potencial para sustentar populações de polinizadores sob diferentes manejos. A integração da cunhã com gramíneas ou outras espécies floríferas poderia ampliar essa diversidade ao criar maior complexidade estrutural e disponibilidade complementar de recursos, visto que sistemas mais diversos tendem a favorecer maior riqueza de visitantes.

A presença de *A. mellifera* e *bombus* sp. foi registrada apenas aos 60, 90 e 105 dias, estando ausentes nas plantas submetidas aos 75 dias de intervalo de corte. Nas frequências de 60 e 90 dias, ambas apresentaram presenças muito baixas (geralmente < 6%) e constância reduzida, permanecendo classificadas como acidentais. Aos 105 dias, *A. mellifera* apresentou frequências um pouco maiores (8 a 17%), porém, com constância ainda abaixo de 25%, mantendo-se na classe acidental. A mamangava permaneceu rara em todos os tratamentos (constância próxima de 0%), sendo classificada como acidental e não dominante (Figura 3).

A frequência de colheita da cunhã influenciou significativamente a abundância total de visitantes (N), enquanto a intensidade de colheita exerceu um efeito mais abrangente, afetando simultaneamente a abundância, a riqueza, a diversidade e a equitabilidade (Tabela 3).

O aumento do intervalo entre colheitas promoveu uma elevação progressiva da abundância de visitantes entre 60 e 90 dias, seguida de uma leve redução aos 105 dias. Em contraste, a riqueza de espécies (S), a diversidade de Shannon (H), a diversidade de Simpson (1-D) e a equitabilidade de Pielou (J) não foram afetadas pela frequência de colheita, indicando que variações na intensidade de visitação ocorreram sem alterações substanciais na estrutura da comunidade (Tabela 3).

A intensidade de corte exerceu um efeito consistente sobre todos os índices avaliados. Observou-se aumento linear da abundância de visitantes com a altura de corte, com valores mais elevados a 20 cm. A riqueza de espécies também aumentou com a diminuição da intensidade de corte, apresentando efeitos lineares e quadráticos significativos, o que indica uma resposta mais pronunciada em intensidades intermediárias a elevadas possivelmente associada ao maior número de flores (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de diversidade de visitantes florais da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em função de diferentes frequências e intensidades de colheita, Carpina - PE

Tratamentos	Abundância (N)	Riqueza de espécies (S)	Índice de diversidade de Shannon–Wiener	Índice de diversidade de Simpson	Equitabilidade de Pielou
Frequência de colheita					
60	12	2	0,4	0,2	0,38
75	16	2	0,5	0,3	0,50
90	22	3	0,6	0,4	0,62
105	19	2	0,5	0,3	0,44
EPM	4	0,3	0,1	0,06	0,09
<i>p</i> -Linear	0,0043	-	-	-	-
<i>p</i> -Quadrático	0,0480	-	-	-	-
Intensidade de colheita					
5	12	2	0,5	0,26	0,45
10	16	2	0,5	0,26	0,44
20	24	3	0,6	0,33	0,56
EPM	4	0,3	0,09	0,06	0,2
<i>p</i> -Linear	<0,0001	<0,0001	0,0151	0,0362	0,0175
<i>p</i> -Quadrático	0,2144	0,0400	0,1365	0,1686	0,1257
Efeitos principais					
<i>p</i> -F. colheita	0,0057	0,2012	0,1396	0,1156	0,0985
<i>p</i> -I. colheita	<0,0001	<0,0001	0,0177	0,0439	0,0189
Interação	0,3506	0,3411	0,5866	0,5356	0,2562

Os valores de P referem-se à significância dos efeitos principais (frequência de colheita, intensidade de colheita) e de seus contrastes ortogonais linear e quadrático.

Para todos os testes, a significância estatística foi considerada em $P < 0,05$. - :Contraste não realizado devido à não significância do efeito principal ($P > 0,05$).

EPM: erro padrão da média.

De forma semelhante, os índices de diversidade de Shannon e de Simpson aumentaram com a redução da intensidade de colheita, refletindo uma diminuição da dominância e uma distribuição mais equilibrada das visitas entre as espécies. A equitabilidade acompanhou esse padrão, indicando que colheitas menos severas favoreceram uma contribuição mais homogênea dos visitantes florais (Tabela 3).

Em suma, a frequência de colheita afetou exclusivamente a abundância de visitantes, enquanto a intensidade de colheita influenciou todos os índices comunitários. Não foi detectada interação significativa entre a frequência e a intensidade de colheita para nenhuma das variáveis avaliadas, indicando que os efeitos da intensidade de colheita sobre os visitantes florais foram consistentes ao longo dos diferentes intervalos de colheita.

Os resultados demonstraram que a intensidade de colheita é o principal fator de manejo na estruturação das comunidades de visitantes florais, modulando não apenas o número de visitas, mas também a diversidade e o equilíbrio da comunidade, enquanto a frequência de colheita atua predominantemente sobre a magnitude da visitação.

4.4. Análises multivariadas

A análise multivariada mostrou que o manejo influenciou a organização conjunta das características morfoestruturais e reprodutivas da planta, bem como a comunidade de visitantes florais. A análise de variância por permutação indicou efeito significativo do modelo de RDA ($F = 5,95$; $P = 0,001$), além de efeitos individuais da frequência de colheita ($F = 4,60$; $P = 0,001$) e da intensidade de colheita ($F = 7,31$; $P = 0,001$), sendo esta última o fator que mais contribuiu para a variação explicada. A ordenação evidenciou uma clara separação dos tratamentos experimentais ao longo dos dois primeiros eixos canônicos, que explicaram 68% (RDA1) e 32% (RDA2) da variação restrita (Figura 4).

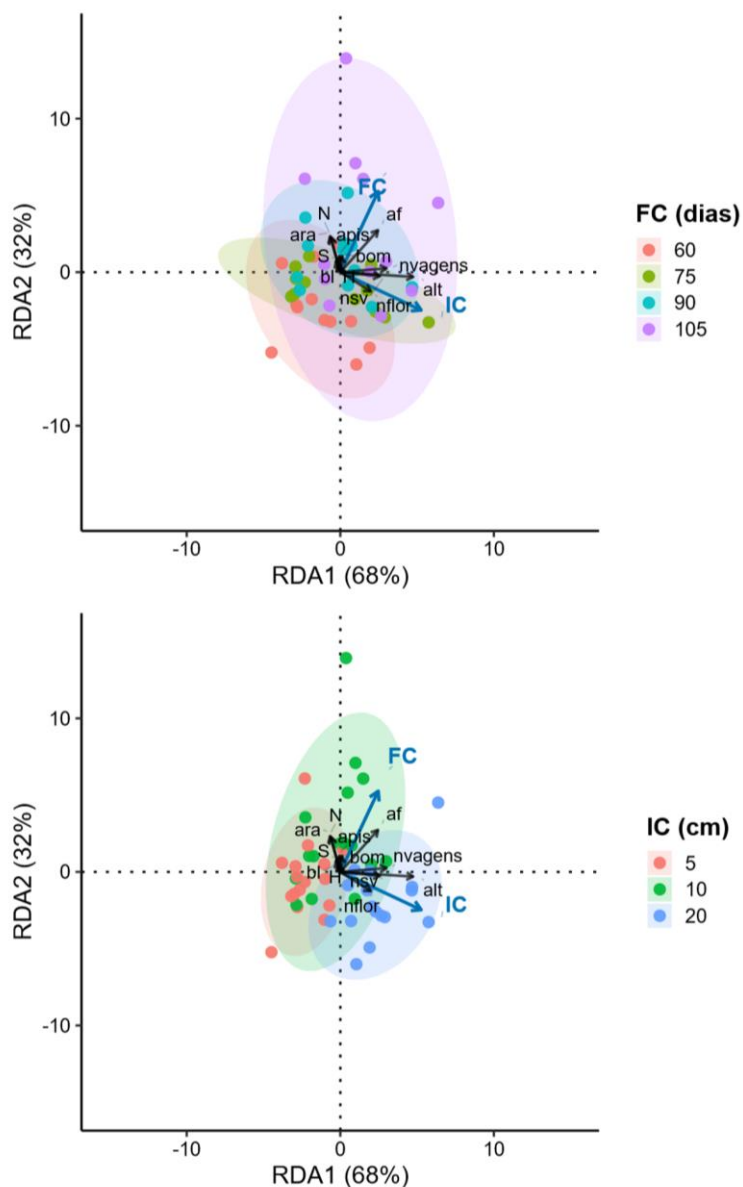


Figura 4. Análise de redundância (RDA) das relações entre atributos morfoestruturais e reprodutivos de *Clitoria ternatea*, índices da comunidade e dos principais visitantes florais sob diferentes manejos de colheita. Pontos representam unidades experimentais e elipses representam a dispersão dos tratamentos. Vetores azuis indicam variáveis explicativas associadas à frequência de colheita (FC) e à intensidade de corte (IC), e vetores pretos indicam as variáveis-resposta. Foram mantidas apenas as variáveis com correlação $\geq 0,40$ com os eixos canônicos.

AP (cm): altura da planta, NFLOR: número de flores; NVagens: número de vagens; NSV: número de sementes por vagem; AF (kg MS ha⁻¹): acúmulo de forragem; N: abundância; S: riqueza de espécies; ARA: Arapuá; APIS: *Apis mellifera*; Bom: *Bombus atratus*, e Bl: borboleta-laranja.

Maiores frequências de colheita, combinadas com menores intensidades de corte, associaram-se a maior acúmulo de forragem, maior altura das plantas e maior produção reprodutiva, especialmente no número de flores e de vagens. Já os manejos mais intensivos se concentraram em regiões da ordenação referentes a menores valores desses atributos, indicando redução do desenvolvimento estrutural e reprodutivo sob maior pressão de desfolha (Figura 4).

A proximidade entre as variáveis reprodutivas e os índices da comunidade de visitantes florais indica que a floração foi o principal fator associado ao manejo e à atividade dos insetos. Mudanças na estrutura das plantas, causadas pelo manejo, alteraram a oferta de flores e influenciaram diretamente a presença e organização dos visitantes florais (Tabela 1 e Figura 3).

A análise de redes de correlação confirmou esse comportamento (Figura 5). Manejos mais intensivos formaram redes mais simples, com menos conexões e interações concentradas em características estruturais. À medida que o manejo se tornou menos severo, aumentaram as conexões, principalmente entre os atributos reprodutivos e os visitantes florais. Nessa condição, as variáveis ligadas à floração passaram a desempenhar um papel central nas redes, o que indica maior integração entre a planta e a comunidade associada. Isso foi mais visível na intensidade do que na frequência de colheita.

A maior conectividade observada em manejos menos intensivos sugere sistemas mais estáveis, já que redes mais conectadas tendem a ser menos sensíveis a perturbações. Assim, manter estruturas reprodutivas ao longo do ciclo produtivo pode favorecer os visitantes florais e contribuir para maior resiliência do sistema (Alzate-Marin et al., 2021; Porto et al., 2025).

Do ponto de vista produtivo, o aumento do acúmulo de forragem não se associou à redução da floração (Figura 5). A maior integração entre índices de comunidade, visitantes florais e traços estruturais e reprodutivos foi observada na frequência de colheita de 75 dias, indicando um ponto de equilíbrio em que atributos produtivos e reprodutivos permaneceram simultaneamente conectados. Além disso, as redes tornaram-se progressivamente mais complexas à medida que a intensidade de corte diminuiu, ou seja, com maior altura residual, o que reflete um aumento no número de conexões entre os componentes do sistema. Este padrão sugere que manejos intermediários e menos severos favorecem a conciliação entre a produção de forragem e o funcionamento ecológico, permitindo a manutenção das interações bióticas relevantes para a persistência e a produção de sementes em leguminosas forrageiras.

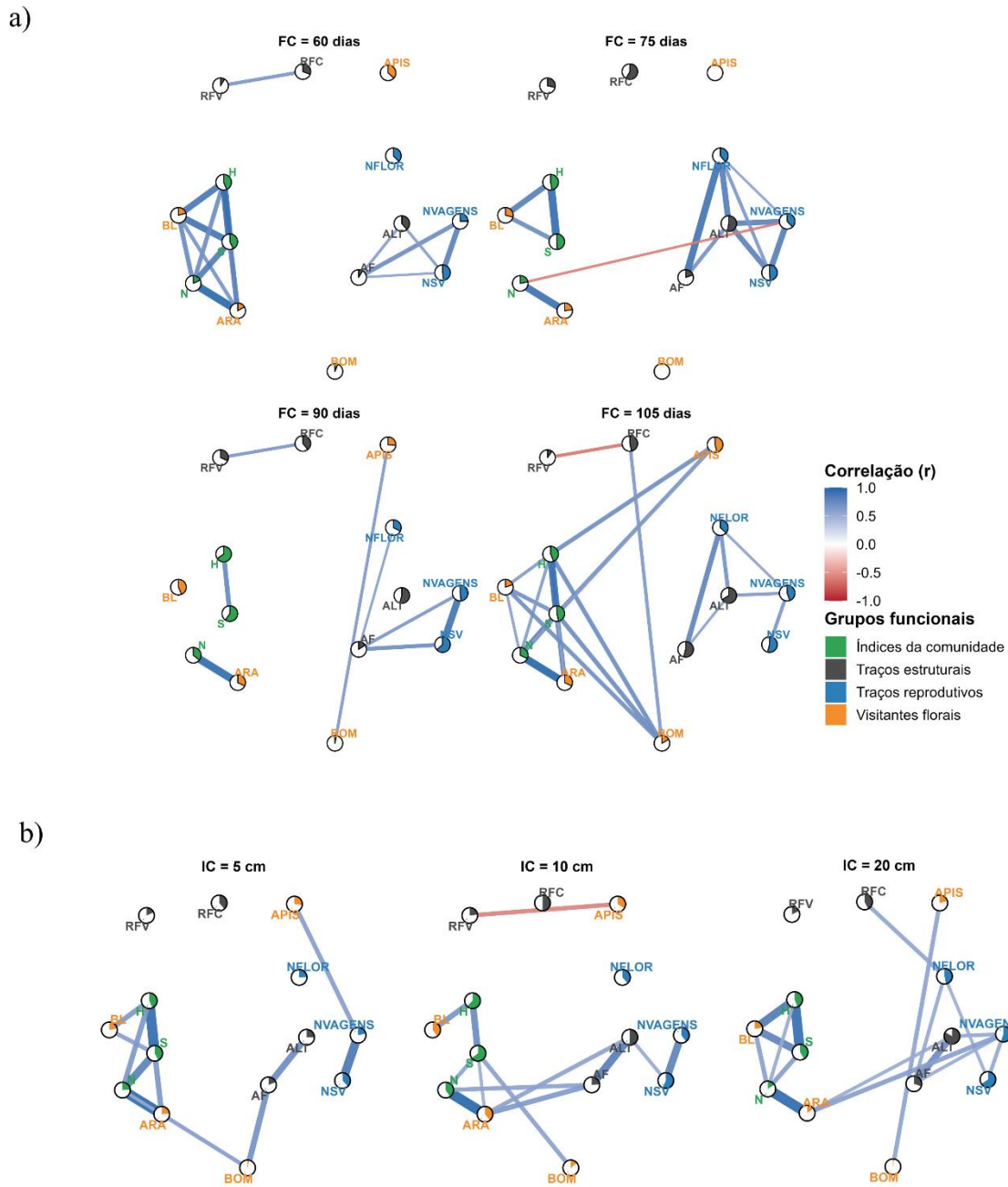


Figura 5. Redes de correlação significativas ($|r| \geq 0,50$; $P \leq 0,05$) entre características estruturais e reprodutivas, índices da comunidade e visitantes florais de *Clitoria ternatea* sob diferentes frequências (a) e intensidades de colheita (b). A espessura das arestas indica a magnitude da correlação e as cores indicam o sinal da associação (vermelho = negativo; azul = positivo). Os nós representam as variáveis, e o preenchimento circular indica a média padronizada (0–1). AP (cm): altura da planta; NFLOR: número de flores; NVagens: número de vagens; NSV: número de sementes por vagem; AF (kg MS ha⁻¹): abundância; N: abundância; S: riqueza de espécies; H: índice de diversidade de Shannon; ARA: Arapuá; APIS: *Apis mellifera*; Bom: *Bombus* spp.; Bl: borboleta-laranja. RFC: relação folha/caule, e RFV: relação folha/vagens.

A recomendação de manter estruturas reprodutivas pode parecer paradoxal sob a perspectiva clássica do manejo de plantas forrageiras. Entretanto, a presença de flores não acarreta necessariamente redução do valor nutricional. A literatura indica que a queda na qualidade está principalmente associada ao avanço da maturidade estrutural da planta, especialmente ao aumento da lignificação e da proporção de caules, e não ao simples aparecimento de estruturas reprodutivas (Lemaire & Bélanger, 2019; Grev et al., 2020; Moore et al., 2020).

Estudos com leguminosas mostram que, embora o avanço fenológico possa reduzir a proteína e a digestibilidade, as mudanças estão associadas ao acúmulo de tecidos estruturais, enquanto a floração, isoladamente, não determina a qualidade da forragem (Tucak et al., 2023; Belete et al., 2024).

Assim, manejos que permitem níveis moderados de floração podem manter bom valor nutritivo, especialmente quando o controle da estrutura do dossel preserva maior proporção de folhas (Tabela 2). Além disso, sistemas com leguminosas em floração frequentemente mantêm ou até elevam a qualidade da dieta total, ao aumentar o teor proteico e reduzir a fibra da forragem consumida (Seibt et al., 2021; Homem et al., 2021; Iqbal et al., 2019). Assim, a manutenção parcial das estruturas reprodutivas pode representar um equilíbrio funcional entre o acúmulo de forragem, a qualidade nutricional e o suporte a serviços ecológicos associados à atividade dos visitantes florais.

Nesse contexto, a cunhã apresenta potencial multifuncional ao atuar simultaneamente como fonte de forragem de elevado valor nutricional e como componente que presta serviços ecossistêmicos, especialmente na polinização. Desse modo, o manejo adequado da colheita é importante para integrar a promoção da forragem de qualidade, a biodiversidade funcional e a sustentabilidade dos sistemas de produção de forragem.

5. CONCLUSÃO

A cunhã (*C. ternatea*) demonstrou elevada capacidade multifuncional, permitindo conciliar a produção de forragem com a provisão de serviços ecossistêmicos. Intervalos de colheita mais espaçados e maiores alturas residuais favoreceram o crescimento da planta e o desenvolvimento reprodutivo, enquanto o acúmulo de forragem aumentou sem prejuízo da floração. A frequência de 75 dias representou o melhor equilíbrio entre produtividade e qualidade estrutural do dossel, mantendo maior proporção de folhas.

A comunidade de visitantes florais foi dominada pela abelha sem ferrão nativa *Trigona spinipes*, e a redução da intensidade do corte aumentou a abundância, a diversidade e a equitabilidade dos visitantes. Manejos de menor intensidade promovem maior integração entre os atributos produtivos, reprodutivos e ecológicos. Assim, o manejo com intervalo de 75 dias e alturas residuais entre 10 e 20 cm otimiza simultaneamente a produção de forragem e o suporte à polinização, evidenciando o potencial da espécie para sistemas forrageiros sustentáveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C.; VIEIRA, R. A. M.; ROCHA, N. S.; ARAUJO, R. P.; GLÓRIA, L. S.; FERNANDES, A. M.; LACERDA, P. D.; GESUALDI JÚNIOR, A. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 2, p. 169–178, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13343>.

AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos florais. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Projeto Cultural, 2014, p. 129–150.

ALI, Z.; GANIE, S.; NARULA, A.; SHARMA, M.; SRIVASTAVA, P. Intra-specific genetic diversity and chemical profiling of different accessions of *Clitoria ternatea* L. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 768–773, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.070>.

ALURI, J. S. R.; KUNUKU, V. R. A study on pollination ecology of butterfly pea, *Clitoria ternatea* L. (Fabaceae). **Species**, v. 22, n. 69, p. 29-35, 2021

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

ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C. I. da; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. de M. P. Quando um visitante floral é um polinizador?. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 295-307, abr./jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667202>.

ALZATE-MARIN, A. L.; TEIXEIRA, S. P.; ROCHA-FILHO, L. C.; ANACLETO, F. B.; RIVAS, P. M. S.; SAN MARTIN, J. A. B.; MARTINEZ, C. A. Elevated CO₂ and warming affect pollen development in a tropical legume forage species. **Flora**, v. 283, p. 151904, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151904>.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2016.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Monitoramento pluviométrico**. Recife, 2025. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>.

- ARAÚJO FILHO, J. A.; GADELHA, J. A.; SILVA, N. L.; PEREIRA, R. M. D. A. Efeito da altura e intervalo de corte na produção de forragem da cunhã (*Clitoria ternatea* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 979–982, 1994.
- ARONNE, G.; GIOVANETTI, M.; GUARRACINO, M. R.; DE MICCO, V. Foraging rules of flower selection applied by colonies of *Apis mellifera*: ranking and associations of floral sources. **Functional Ecology**, Londres, v. 26, n. 5, p. 1186–1196, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2012.02017.x.
- AVALOS, J. F. V.; BONILLA CÁRDENAS, J. A.; RUBIO CEJA, J. V.; BUSTAMANTE GUERRERO, J. de J. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. **Técnica Pecuaria en México**, Cidade do México, v. 42, n. 1, p. 79-96, jan./abr. 2004.
- BAI, Y.; COTRUFO, M. F. Grassland soil carbon sequestration: current understanding, challenges, and solutions. **Science**, Washington, v. 377, n. 6606, p. 603–608, 2022. DOI: 10.1126/science.abo2380.
- BARBOZA, V. P.; COSTA, M. A. Cytogenetic analysis in *Trigona spinipes* Fabricius (Hymenoptera, Meliponina) reveals intraspecific variation. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 5, p. 846-849, 2021.
- BARRO, C.; RIBEIRO, A. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p. 780-782, 1983.
- BARROS, N. N.; FREIRE, L. C. L.; LOPES, E. A.; JOHNSON, W. L. Estudo comparativo da digestibilidade de leguminosa forrageira com ovinos e caprinos: I. Digestibilidade *in vivo* do feno de cunhã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 8, p. 1209-1213, ago. 1991.
- BELETE, S.; WORKU, M.; LEKULU, K.; KASSA, H. Feeding values of indigenous browse species and forage legumes for the feeding of ruminants in Ethiopia: a meta-analysis. **Agriculture**, v. 14, art. 1475, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091475>.
- BO, P.; LI, X.; WANG, H.; ZHANG, Y.; ZHU, J.; LI, S.; XIE, J.; HUANG, B. Optimization of alfalfa-based mixed cropping with winter wheat and ryegrass in terms of forage yield and quality traits. **Plants**, v. 11, art. 31752, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11131752>.
- BRANDMEIER, J.; REININGHAUS, H.; SCHERBER, C. Multispecies crop mixtures increase insect biodiversity in an intercropping experiment. **Ecological Solutions and Evidence**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12267>.
- CAMARGO, J. M.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBANO, D.; MELO, G. A. R. (org.). **Catálogo de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) da Região Neotropical**. Versão online, 2013.
- CAO, W. D.; ZHOU, G. P.; GAO, S. J. Effects and mechanisms of green manure on endogenous improving soil health. **Journal of Plant Nutrition and Fertilizers**, v. 30, n. 7, p. 1274–1283, 2024. DOI: 10.11674/zwyf.2024269.
- CHEN, Y. Z.; FENG, X. M.; TIAN, H. Q.; WU, X. T.; GAO, Z.; FENG, Y.; PIAO, S. L.; LV, N.; PAN, N. Q.; FU, B. J. Accelerated increase in vegetation carbon sequestration in China after 2010: a turning point resulting from climate and human interaction. **Global Change Biology**, Oxford, v. 27, p. 5848–5864, 2021.

- COLE, L.; SMITH, T.; BROWN, R.; JOHNSON, P.; DAVIS, K.; CLARK, M.; MILLER, A.; WILSON, J. Supporting wild pollinators in agricultural landscapes through targeted legume mixtures. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 323, p. 107648, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107648>.
- COOK, B. G.; WELLER, S. C.; HAYDOCK, K. P.; BLAKE, R. O.; GRUHN, P.; TOTHILL, J. C.; NEDERBRAGH, J.; et al. **Tropical Forages: an interactive selection tool**. 2. ed. rev. Cali: CIAT; Nairobi: ILRI, 2020. Disponível em: <http://www.tropicalforages.info>.
- COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L. C.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P. C.; FARBER, S. B.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**: Island Press, 1997. 412 p.
- DAJÓZ, R. **Ecologia geral**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1983.
- DAMAS, L. P. **Potencial forrageiro de *Clitoria ternatea* L. sob diferentes manejos de colheita em clima tropical**. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Statistics without maths for psychology**. 4. ed. Harlow: Pearson Education, 2006.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, jun. 2002.
- DEL PORTILLO, D.; ARROYO, B.; MORALES, M. The adequacy of alfalfa crops as an Agri-Environmental Scheme: a review of agronomic benefits and effects on biodiversity. **Journal for Nature Conservation**, v. 69, p. 126253, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126253>.
- DINIZ, W. P. S. **Aspectos produtivos, qualitativos e frequência de visitantes florais em espécies de *Stylosanthes* ssp. Na Zona da Mata Seca de Pernambuco**. 2020. 131p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.
- DUBBELDEN, K.; VERBURG, R. Inherent allocation patterns and potential growth rates of herbaceous climbing plants. **Plant and Soil**, v. 184, p. 341–347, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00010463>.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. As vantagens e desafios da integração das leguminosas arbóreas aos sistemas pastoris. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE FORRAGENS EM CLIMAS QUENTES, 1., 2015, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2015. p. 141–164. 141–164.
- DUBEUX, J. C. B.; SOLLENBERGER, L. E.; MUIR, J. P.; TEDESCHI, L. O.; DOS SANTOS, M. V. F.; DA CUNHA, M. V.; DE MELLO, A. C. L.; DILORENZO, N. Sustainable intensification of livestock production on pastures. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 97–111, 2017.
- EL ABDOUNI, I.; BOUFENAR, A.; BELHAJ, S.; LAKHDAR, A.; EL GHAZALI, I.; ZERROUKI, S.; Diversity and relative abundance of insect pollinators in Moroccan

agroecosystems. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.866581>.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World reference base for soil resources 2014**. Rome: FAO, 2014. (World Soil Resources Reports, 106).

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics: principles and applications**. Washington, DC: Island Press, 2004. 454 p.

FAVERJON, L.; CORRÊA, P. H.; ROCHA, A. S.; SOUZA, R. M.; ALMEIDA, T. C.; SILVA, F. A.; PEREIRA, D. G. A conserved potential development framework applies to shoots of legume species with contrasting morphogenetic strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00405>.

FOWLER, R. E.; ROTHERAY, E. L.; GOULSON, D. Floral abundance and resource quality influence pollinator choice. **Insect Conservation and Diversity**, Hoboken, v. 9, n. 6, p. 481–494, 2016. DOI: 10.1111/icad.12197.

FRAME, J.; LAING, A. D. The effect of cutting frequency and intensity on the yield and persistence of forage legumes. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 41, n. 2, p. 125–134, 1986.

GALLAI, N., SALLES, J.-M., SETTELE, J., VAISSIÈRE, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecol. Econ.** 68, 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>.

GIERUS, M.; RINFRET, J.; BELANGER, G.; DICKERSON, J. T.; WILSON, R. F.; KNORZER, H. Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, p. 150–161, 2012.

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.): A nutritive multipurpose forage legume for the Tropics - An overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 374-379, 2003.

GREENWOOD, P. L. An overview of beef production from pasture and feedlot globally as demand for sustainable systems increases. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100295, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100295>.

GREV, A.; HUNTER, M. C.; CARLETON, L. E.; JOHNSON, J. R.; JOHNSON, D. L.; TAYLOR, M. W. Stem and leaf forage nutritive value and morphology of reduced lignin alfalfa. **Agronomy Journal**, v. 112, p. 406–417, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20011>.

GUAN, X. K.; LIU, L. J.; ZHANG, Q.; WANG, Y. H.; CHEN, J. Soil carbon sequestration by three perennial legume pastures is greater in deeper soil layers than in the surface soil. **Biogeosciences**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 527-534, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-13-527-2016>.

GUPTA, G. K.; CHAHAL, J.; BHATIA, M. *Clitoria ternatea* (L.): Old and new aspects. **Journal of Pharmacy Research**, v. 3, n. 11, p. 2610–2614, 2010.

GUSSENHOVEN, G. C.; DE VRIES, M. F. W.; BAKKER, J. P. Flowering of grassland species under different cutting regimes. **Applied Vegetation Science**, v. 13, n. 3, p. 335–346, 2010.

HANSON, J.; ELLIS, R. H. Progress and challenges in ex situ conservation of forage

- germplasm: grasses, herbaceous legumes and fodder trees. **Plants**, v. 9, p. 446, 2020.
- HOMEM, B.; SMITH, P.; JONES, A.; SILVA, C. D.; OLIVEIRA, E. F.; RIBEIRO, G. H.; PEREIRA, I. J.; Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height: effects on herbage mass, canopy structure and forage nutritive value. **Grass and Forage Science**, v. 76, p. 1–14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12532>
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 59-62, 2010.
- IQBAL, M.; HAMID, A.; AHMAD, T.; SIDDIQUI, M.; HUSSAIN, I.; ALI, S.; ALI, A.; AHMAD, Z. Forage sorghum-legumes intercropping: effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. **Bragantia**, v. 78, p. 82–92, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017363>.
- IRWIN, R. E.; BRONSTEIN, J. L.; MANSON, J. S.; RICHARDSON, L. Nectar robbing: ecological and evolutionary perspectives. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, p. 271–292, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120330>
- ISLAM, S.; AHMED, M.; KHAN, M. A.; RAHMAN, M. M.; KARIM, M. R. Path coefficient analysis and correlation coefficients effects of different characters on yield of *Brassica rapa* L. **Planta**, v. 4, p. 51, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.plant.20160406.12>.
- JUMA, H. K.; KARIUKI, D. G.; KIMPTON, A. M.; SLIWA, A.; GICHURU, S. Evaluation of *Clitoria*, *Gliricidia* and *Mucuna* as nitrogen supplements to Napier grass for lactating cows. **Livestock Science**, v. 103, p. 23–29, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.12.006>.
- JUSTES, E. P.; SILVA, A. R.; SOUZA, F. H.; OLIVEIRA, J. A.; COSTA, M. L.; FERREIRA, R. Influence of summer sowing dates, N fertilization and irrigation on autumn VSP accumulation and dynamics of spring regrowth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 371, p. 111–121, 2002.
- KLEIJN, D.; RAEMAKERS, I. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. **Ecology**, v. 89, n. 7, p. 1811-1823, jul. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1890/07-1275.1>.
- KLEIN, A.-M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, fev. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.
- KLEINERT, A. de M. P.; GIANNINI, T. C. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, art. 291519, p. 1-7, mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/291519>.
- LADHA, J. K.; GILLER, K. E.; KHAN, S. A.; KUNCHELA, Y.; NATH, M.; BHATNAGAR, R. Legume productivity and soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 1, p. 183–192, 1996.
- LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; SANCHEZ, H.; MILLER, R. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2011.

- LEMAIRE, G.; BÉLANGER, G. Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: a review. **Agriculture**, v. 10, n. 5, 2019. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010005>.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3–36.
- LI, H.; WANG, Y.; ZHANG, J.; LIU, X.; CHEN, B.; LI, S. Smartphone application-based measurements of stem-base width and plant height in rice seedling. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 198, p. 107022, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107022>.
- LUO, F.; MI, W.; LIU, W. Legume–grass mixtures improve BNF and N transfer by promoting nodulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1375166>.
- LÜSCHER, A.; DÄMMGEN, U.; FÜLLER, L.; DENECKE, M.; BÜRGER, J.; ASSFALG, M.; KIRCHMANN, H. Potential of legume-based grassland–livestock systems. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 2, p. 206–228, 2014
- MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Frequência e comportamento de visitantes florais em cultura de interesse agrícola. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 701–704, 2011.
- MALLINGER, R.; PRASIFKA, J. Benefits of insect pollination to confection sunflowers differ across plant genotypes. **Crop Science**, v. 57, p. 3264–3272, 2017.
- MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; SILVA, S. C. da; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. da. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2243–2252, nov./dez. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800007>.
- MCGRAW, Robert L.; STAMPS, W. Terrell; HOUX, James H.; LINIT, Marc J. Yield, maturation, and forage quality of alfalfa in a black walnut alley-cropping practice. **Agroforestry Systems**, v. 74, n. 2, p. 155–161, out. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9162-1>.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003.
- MISTURA, C.; SANTOS, A. E. O. dos; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; ALMEIDA, M. B. de; ARAÚJO, A. J. de B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de cunhã em função da salinidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 2, p. 306–317, abr./jun. 2011. ISSN 1519-9940. Disponível em: <https://www.periodicos.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/40502>.
- MOORE, K.; LENNSEN, A.; FALES, S. Factors affecting forage quality. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**, p. 701–717, 2020. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch39>.
- MORRIS, B. Characterization of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) accessions for morphology, phenology, reproduction and potential nutraceutical, pharmaceutical trait utilization. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, p. 421–427, 2009.

MOTA, M. A. A. **Aspectos morfológicos, produtivos e visitantes florais na Clitoria ternatea**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

MUIR, J. P.; BATISTA DUBEUX JUNIOR, J. C.; SANTOS, M. V. F.; FOSTER, J. L.; FERREIRA, R. L. C.; LIRA, M. A., Jr.; BELLOWS, B.; OSEI, E.; SINGH, B. B.; BRADY, J. A. Sustainable warm-climate forage legumes: versatile products and services. **Grasses**, v. 4, p. 16, 2025. DOI: 10.3390/grasses4020016.

MUIR, J. P.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V. da; BATISTA DUBEUX JUNIOR, J. C.; LIRA JÚNIOR, M. A. de; SOUZA, R. T. de A.; SOUZA, T. C. de. Valor de leguminosas endêmicas para produção pecuária em áreas de Caatinga. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1–12, 2019. DOI: 10.5039/agraria.v14i2a5648.

OGUIS, G. K.; GILDING, E. K.; JACKSON, M. A.; CRAIK, D. J. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00645.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil. **Sociobiology**, v. 61, p. 348–354, 2014. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.

PEOPLES, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; HUGUENIN-ELIE, O.; JENSEN, E. S.; JUSTES, E.; WILLIAMS, M. The contributions of legumes to reducing the environmental risk of agricultural production. In: SALT, D. E.; YADAV, S. S.; REDDEN, R.; HATFIELD, J. L. (ed.). **Agroecosystem diversity: reconciling contemporary agriculture and environmental quality**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 123–143. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00008-X>.

PHELAN, P.; MOLONEY, A. P.; McGEOUGH, E. J.; HUMPHREYS, J.; BERTILSSON, J.; O’RIORDAN, E. G.; O’KIELY, P. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1–3, p. 281–326, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455>

PIELOU, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, 13, 131–144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)

PORTO, G. F.; PEZZONIA, J. H.; LEITE, L. J. C.; SANTOS, J. L. S.; DEL-CLARO, K. The effects of frost and fire on the traits, resources, and floral visitors of a Cerrado plant, and their impact on the plant–visitor interaction network and fruit formation. **Plants**, v. 14, n. 13, art. 1977, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14131977>

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.

PUJIASTUTI, Y. Diversity of flower visitor insects in monoculture of luffa and intercropping systems. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 741, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/741/1/012052>.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

- RADER, R.; HOWLETT, B. G.; CUNNINGHAM, S. A.; WESTCOTT, D. A.; NEWSTROM-LLOYD, L. E.; WALKER, M. K.; TEULON, D. A. J.; EDWARDS, W. Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 5, p. 1080–1087, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01700.x>
- RADERSCHALL, C. A.; BOMMARCO, R.; LINDSTRÖM, S. A. M.; LUNDIN, O. Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, art. 107189, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107189>.
- RECKLING, M.; BERGKVIST, G.; WATSON, C. A.; STODDARD, F. L.; ZANDER, P. M.; WALKER, R. L.; PRISTERI, A.; TONCEA, I.; BACHINGER, J. Trade-offs between economic and environmental impacts of introducing legumes into cropping systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, art. 669, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00669>.
- RISPAIL, N.; FONDEVILLA, S.; BARILLI, E.; CASTILLEJO SÁNCHEZ, M. A.; VILLEGAS FERNÁNDEZ, A. M.; AZNAR FERNÁNDEZ, T. et al. Legumes in sustainable agriculture. **China–Spain Research Policy Forum**, p. 26–27, 2015.
- ROCHON, J. J.; DOYLE, C. J.; GREEF, J. M.; HOPKINS, A.; SMITH, C. J. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 197–214, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2004.00423.x.
- ROUT, G. R. Micropropagation of *Clitoria ternatea* Linn. (Fabaceae) An important medicinal plant. **Vitro Cellular & Developmental Biology plant**, v. 41, p. 516-519, 2005.
- RSTUDIO TEAM. **RStudio: integrated development environment for R**. Boston: Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: <https://posit.co/>.
- SAKAGAMI, S. F.; LAROCA, S. Relative abundance, phenology and flower visits of Apidae in eastern Paraná, southern Brazil. **Kontyû**, v. 39, p. 217–230, 1971.
- SALES-SILVA, T. B.; SANTOS, M. V. F. dos; OLIVEIRA, O. F. de; SILVA, P. H. F. da; SOUZA, E. J. O. de; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA NETO, A. J. da; CUNHA, M. V. da. The growth habits of tropical legumes affect the nutritive herbage value more than harvesting frequency. **Crop and Pasture Science**, v. 75, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP23109>.
- SAMYUKTHA, S.; GEETHANJALI, S.; BAPU, J. Genetic diversity and correlation studies in chickpea. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 8, p. 874, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2017.00141.7>.
- SANCHEZ, M. E. N.; ARANGO, J. A. C.; BURKART, S. Promoting forage-legume – pollinator interactions: Integrating crop pollinator management, native beekeeping and silvopastoral systems in Tropical Latin America. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 2021.
- SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J.; DICKE, M. **Insect–plant biology**. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- SEIBT, D. C.; OLIVO, C. J.; ALESSIO, V.; SAUTER, C. P.; BRATZ, V. F.; AGUIRRE, P. F. Forage mass and nutritional value of elephant grass intercropped with forage legumes. **Revista Ceres**, v. 68, n. 5, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034>

- SHAMSELDIN, A.; ABDELKHALEK, A.; SADOWSKY, M. J. Symbiotic nitrogen-fixing bacteria: a review. **Symbiosis**, v. 71, n. 2, p. 91–109, 2017.
- SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, 27, 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- SHEARER, G.; KOHL, D. H. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, p. 699–756, 1986.
- SHEN, Y.; JIANG, H.; ZHAI, G.; CAI, Q. *Effects of cutting height on shoot regrowth and forage yield of alfalfa (Medicago sativa L.) in a short-term cultivation system.* **Grassland Science**, v. 59, n. 2, p. 73–79, 2013. DOI: 10.1111/grs.12014.
- SILVA, P. H. F. **Aspectos produtivos, morfofisiológicos e nutricionais de genótipos de capim-elefante de diferentes portes consorciados com cunhã.** 2021. 80p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.
- SILVA, V. J. da; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; TEIXEIRA, V. I.; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. de A.; MELLO, A. C. L. de. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 97-102, jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100013>.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos.** São Paulo: Ceres, 1976.
- SIMPSON, E. H. (1949). Measurement of diversity. **Nature**, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- SOUZA, E. S. de; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. de P.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; LYRA, M. do C. C. P. de. Fixação de N₂ e crescimento do calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.), após sucessivos cortes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1036-1048, 1996.
- SUSO, M. J.; BEBELI, P. J.; CHRISTMANN, S.; MATEUS, C.; NEGRI, V.; PINHEIRO DE CARVALHO, M. A. A.; TORRICELLI, R.; VELOSO, M. M. Enhancing legume ecosystem services through an understanding of plant–pollinator interplay. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, art. 333, p. 1–18, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00333.
- TAVARES, M. G.; SILVA, F. A.; LOPES, R. B.; CARVALHO, L. M.; ALMEIDA, P. R.; SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, T. K.; Karyotypic variation in the stingless bee *Trigona spinipes* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from different geographical regions of Brazil. **Apidologie**, v. 52, p. 1358–1367, 2021.
- TEIXEIRA, V. I. et al. Agronomic and bromatological aspects of forage legumes. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 245–254, 2010.
- TERRA, A. B. C.; SILVA, R. F.; SOUZA, L. M.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, T. E.; CARVALHO, M. A.; FERREIRA, V. P. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, 2019.
- THILAKARATHNA, R. M. M. S.; PAPADOPOULOS, Y. A.; RODD, A. V.; GUNAWARDENA, A. N.; FILLMORE, S. A. E.; PRITHIVIRAJ, B. Characterizing nitrogen transfer from red clover populations to companion bluegrass under field

conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 6, p. 1163–1173, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps2012-036>

TUCAK, M.; ČUPIĆ, T.; HORVAT, D.; RAVLIĆ, M.; KRIZMANIĆ, G.; MAĆEŠIĆ, D.; ŽNIDARŠIĆ, T.; MEGLIČ, V. Changes in agronomic and forage nutritive values of red clover in response to different development stage. **Romanian Agricultural Research**, v. 40, n. 21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59665/rar4021>.

WYCKHUYS, K. A.; GONZALEZ-CHANG, M.; LAVANDERO, B.; GC, Y.; HADI, B. Legume integration for biological control deserves a firmer scientific base. **Outlook on Agriculture**, v. 52, n. 3, p. 281–293, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/00307270231194086>.

YAO, X.; LI, Y.; LIAO, L.; SUN, G.; YE, S. Enhancement of nutrient absorption and interspecific nitrogen transfer in a *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and *Dalbergia odorifera* mixed plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 449, p. 117465, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117465>.

ZHOU, W.; LI, J.; WANG, X.; LIU, L.; LI, Y.; SONG, R.; ZHANG, M.; LI, X. Research progress on extraction, separation, and purification methods of plant essential oils. **Separations**, v. 10, n. 12, art. 596, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/separations10120596>.