



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

JOSÉ LYPSON PINTO SIMÕES IZIDRO

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, VALOR NUTRITIVO, CONSUMO
E DESEMPENHO DE BOVINOS EM *UROCHLOA DECUMBENS* E
MIMOSA CAESALPINIIFOLIA, EM MONOCULTIVO E SISTEMA
SILVIPASTORIL**

**RECIFE
2024**

JOSÉ LYPSON PINTO SIMÕES IZIDRO

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, VALOR NUTRITIVO, CONSUMO
E DESEMPENHO DE BOVINOS EM *UROCHLOA DECUMBENS* E
MIMOSA CAESALPINIIFOLIA, EM MONOCULTIVO E SISTEMA
SILVIPASTORIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carneiro
Leão de Mello

Coorientador(es): Prof. Dr. Márcio Vieira
da Cunha
Prof. Dr. Valdson José da Silva

RECIFE
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

I98c Izidro, José Lypson Pinto Simões.
Características produtivas, valor nutritivo, consumo e desempenho de Bovinos em *Urochloa decumbens* e *Mimosa caesalpinifolia*, em monocultivo e sistema silvipastoril / José Lypson Pinto Simões Izidro. - Recife, 2024.
149 f.: il.

Orientador(a): Alexandre Carneiro Leão de Mello.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Integrado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências e apêndices.

1. Capim-braquiária 2. Composição químico-bromatológica
3. Leguminosa 4. Produção animal 5. Sistemas integrados 6. Variáveis dendrométricas I. Mello, Alexandre Carneiro Leão de, orient. II. Título

CDD 636

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

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, VALOR NUTRITIVO, CONSUMO E
DESEMPENHO DE BOVINOS EM *UROCHLOA DECUMBENS* E *MIMOSA
CAESALPINIIFOLIA*, EM MONOCULTIVO E SISTEMA SILVIPASTORIL**

Tese elaborada por:

JOSÉ LYPSON PINTO SIMÕES IZIDRO

Aprovado em: 29/02/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de
Pernambuco – UFRPE(Orientador)

Prof. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo
EMBRAPA Gado de Leite

Prof. Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior
University of Florida

Aos meus pais: Venâncio Izidro de Oliveira e Luciene Pinto Simões Izidro, vocês são minha rede de apoio, base e amor.

À minha esposa e filhos: Natalhia Evangelina Silva Lino, Teodoro José Pinto Simões Silva Izidro e Louise Maria Pinto Simões Silva Izidro, vocês são minha maior riqueza nesta vida.

Aos meus avós maternos (in memoriam): Lindalva Pinto Simões e Vicente Eduardo Simões.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, da minha família, dos meus amigos e por ter sempre sustentado minha mão, concedendo saúde, sabedoria, discernimento e força nesta trajetória acadêmica.

Aos meus pais, Venâncio Izidro de Oliveira e Luciene Pinto Simões Izidro, minha fonte de inspiração e motivação, por toda compreensão, incentivo, apoio, amor e por sempre, desde cedo, priorizarem minha educação. O esforço de vocês fez esse momento acontecer. Obrigado por me ensinarem os valores morais que são essenciais à formação do ser humano.

À minha esposa, Natalhia Lino, e aos meus filhos, Teodoro José e Louise Maria, por todo amor, companheirismo, dedicação, e por segurarem minha mão na realização deste sonho.

À minha sogra, Maria das Neves Silva, e ao meu sogro, Antônio Fernando, por todo apoio, incentivo e cuidado com meus filhos ao longo desses anos, quando foi preciso ficar ausente.

À minha irmã, Rochelly Maria, e a toda família Pinto Simões, por todo incentivo, apoio e suporte necessário para cumprimento de mais esta etapa da minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ), pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello, com orgulho, pela enriquecedora orientação acadêmica. Agradeço pela confiança e oportunidade oferecidas para realização deste sonho, por toda disponibilidade, apoio, amizade, colaboração e ensinamentos.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha e Prof. Dr. Valdson José da Silva, por terem contribuído neste trabalho com orientações, disponibilidade, amizade e, sobretudo, pela confiança no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a este estudo.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia e PPGZ, pelas horas dedicadas e conhecimentos repassados ao longo desses anos. Em especial, ao meu amigo prof. Dr. Júlio César dos Santos Nascimento, pela parceria na área acadêmica e amizade.

Ao prof. Dr. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, por ter sido a minha primeira

referência na vida acadêmica, sendo responsável direto por me incentivar na pesquisa desde a graduação. Sou extremamente grato por sua amizade e todos os ensinamentos repassados. Ao prof. Dr. Eduardo Soares de Souza, por todos os ensinamentos, contribuições, amizade e por sempre estar solícito a ajudar quando mais precisei durante o Mestrado.

À Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial à direção e a todos os funcionários pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos profissionais da Fazenda Experimental da UFRPE, em Garanhuns: Paulo, Paulo Sérgio, Esmeraldo, Ivanildo, Marquinhos, Rodrigo, Luciano, José, Sebastião, Suzana, Renato e Juscélio. Sou muito grato a todos vocês, por cada palavra de apoio, incentivo, amizade e pela disponibilidade e prontidão em sempre estarem aptos a ajudar nas atividades desta pesquisa. Aos responsáveis técnicos da Fazenda Experimental: Vanilson (UFAPE), José Luiz e Dr. Nivaldo, por todo apoio.

Aos laboratórios de Forragicultura, Nutrição Animal (LNA) e BIOPA, pela oportunidade de realização das análises. Aos técnicos laboratoriais Carlos e Vanessa pela ajuda indispensável no preparo de soluções e análises.

Aos meus amigos Chrisllanne Carvalho, Diana Valadares, Thaíse Peixôto, Géssica Solanna, Pedro Mouzinho, José Ronaldo, Méry Cristina, Italvan Macêdo, Lucas Ferreira, Pedro Ferreira, Tafnes Bernardo, Elayne Soares, Thalita Polyana, Williane Patrícia, Dayanne Camelo, Natália Viana, Marilene Maciel, Gabriela Duarte, Salmo Olegário, Luiz Wilker e Darlan Santos, por toda colaboração nas atividades de campo, laboratoriais e apoio durante todo o curso: a ajuda de vocês foi fundamental. Aos amigos tratadores e companheiros de prosa: Rafaela, Esteliano e Sr. Pedro, pessoas especiais que sempre estiveram dispostos a me ajudar.

Aos meus melhores amigos Daniel Bezerra, Suellen Miranda, Tuany Nathan, Letícia Nascimento e Roberto Félix, por sempre me apoiarem e estarem comigo nos momentos bons e ruins durante o curso. Em especial a Daniel, Tuany e Vanessa Passos, pela estadia em Garanhuns quando precisei.

Gratidão a todos!

A persistência é o que lhe direciona para o seu maior sonho. Persevere até nos piores momentos, pois nós somos o que repetidamente fazemos.

RESUMO GERAL

Os sistemas silvipastoris representam uma alternativa promissora para a exploração da terra pelos múltiplos serviços ecossistêmicos que tem potencial de proporcionar. Do ponto de vista da exploração pecuária, a inserção de árvores leguminosas nesses arranjos produtivos pode aumentar a eficiência da utilização dos recursos naturais, podendo contribuir na melhoria do valor nutricional do componente herbáceo e do desempenho animal. Os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar no pasto de capim-braquiária [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster] as características: altura do dossel, massa, densidade e acúmulo de forragem, relação folha:colmo e valor nutritivo; ii) na leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), avaliar variáveis dendrométricas, biomassa e valor nutritivo; e iii) em relação ao componente animal, estimar consumo de forragem e desempenho, em termos de ganho de peso corporal. Todas as variáveis foram avaliadas em sistemas exclusivos de capim-braquiária e de sabiá e em sistema silvipastoril. O ensaio foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Garanhuns-PE (8°58'52"S e 36°27'47"W). Os tratamentos experimentais consistiram de sistemas de cultivo [um sistema silvipastoril (SSP) composto por capim-braquiária consorciado com sabiá, além dos monocultivos de cada espécie], sob delineamento em blocos casualizados, com três repetições, entre agosto/2020 e outubro/2022. Na área de capim-braquiária, a leguminosa foi cultivada em três renques de fileiras duplas, espaçadas de 2 m entre filas x 1 m entre plantas, além de 25 m entre renques/fileiras, totalizando 600 plantas ha⁻¹. No monocultivo da sabiá utilizou-se o mesmo espaçamento entre linhas e plantas, porém foi utilizado em fileiras simples, totalizando o correspondente a 5.000 plantas ha⁻¹. O pastejo foi realizado por bezerros Holandês x Zebu. Não houve efeito ($p > 0,05$) de sistema de cultivo sobre características estruturais, produtivas e valor nutritivo do capim-braquiária, bem como no desempenho animal. No entanto, houve maior ($P < 0,05$) consumo de forragem no SSP (3,29 kg MS animal⁻¹ d⁻¹), em relação ao monocultivo de braquiária (2,54 kg MS animal⁻¹ d⁻¹). O sistema de cultivo afetou a produção de forragem por planta, diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro basal (DB) da sabiá. Na primeira estação de pastejo (EP) 2020/2021 (agosto/2020 a julho/2021), a maior altura do dossel (54 cm) e massa de forragem total (6.473 kg ha⁻¹ MS) ocorreram no período seco. A relação folha:colmo foi 214% maior no período chuvoso do que no período seco da EP 2020/2021 (2,2 vs. 0,7). O acúmulo de forragem (515 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹) e a taxa de acúmulo de forragem (18 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹) do capim-braquiária foram superiores no período chuvoso. O maior acúmulo de forragem total (AFT) (4.583 kg MS ha⁻¹) ocorreu na EP 2020/2021, em relação a AFT de 2.508 kg MS ha⁻¹ obtida na EP 2021/2022. A maior massa de forragem verde foi observada na EP 2020/2021 (1.659 kg MS ha⁻¹). No SSP, durante o período chuvoso, foi observado maior teor de proteína bruta (PB) (127 g kg⁻¹ MS) em relação ao monocultivo (94 g kg⁻¹ MS). Maior teor de matéria seca (MS) (350 g kg⁻¹) foi observado na EP 2020/2021, comparado à EP 2021/2022 (302 g kg⁻¹). O menor teor de fibra em detergente neutro (FDN) (662 g kg⁻¹) ocorreu na EP 2021/2022. Além disso, os menores valores médios de fibra em detergente ácido (FDA) (284 g kg⁻¹), celulose (CEL) (247 g kg⁻¹) e lignina (LIG) (34 g kg⁻¹), além do maior coeficiente de digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) (692 g kg⁻¹ MS) foram observados no período seco da EP 2021/2022. Os maiores valores de taxa de lotação (TL) (1,51 UA ha⁻¹) e ganho por área (16 kg ha⁻¹) foram observados na EP 2020/2021. Independente do sistema de cultivo e estação de pastejo, o ganho de peso médio diário (GMD) no período chuvoso foi de 0,45 kg animal⁻¹ d⁻¹. Os maiores valores de DAP (16,32 cm), DB (20,54 cm) e produção de matéria seca por planta (PMSP) (36 g MS planta⁻¹) da sabiá foram observados no SSP. A massa de forragem (MF) foi maior ($P < 0,05$) no monocultivo em relação ao SSP (69 vs. 22 kg MS ha⁻¹, respectivamente) na EP 2020/2021. O acúmulo de forragem total (AFT) da sabiá foi maior no monocultivo em comparação ao SSP (383 vs. 116 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹) na primeira EP; no entanto, na EP 2021/2022, não houve PMST no monocultivo e o SSP obteve PMST de 134 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹. O valor nutritivo de ambas as espécies não foi influenciado ($P < 0,05$) pelos sistemas de cultivo na EP 2020/2021, no entanto, maiores teores de PB (221 g kg⁻¹), FDA (449 g kg⁻¹) e DIVMS (383 g kg⁻¹) foram observados no período chuvoso, enquanto maior teor de MS (426 g kg⁻¹) ocorreu no período seco. O SSP com filas duplas de sabiá espaçadas em 25 m, densidade arbórea de 600 plantas ha⁻¹ e com quatro anos de idade não reduz o acúmulo de forragem do capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco. É possível observar contribuição da leguminosa em sistema silvipastoril com o capim-braquiária na elevação do teor de PB da forragem da gramínea, no período chuvoso do ano. O maior consumo de forragem no SSP sabiá x

capim-braquiária possivelmente pode ser atribuído ao maior bem-estar dos animais nesse sistema. A sabiá em SSP com filas duplas apresenta maiores DAP e DB, características que promovem maior qualidade da madeira produzida e menor tempo para colheita, quando comparado ao monocultivo da leguminosa. O manejo de poda deve ser considerado em sistemas exclusivos e SSPs (com alta densidade arbórea) de sabiá para não limitar o crescimento e produção de forragem da leguminosa.

Palavras-chave: Capim-braquiária; Composição químico-bromatológica; Leguminosa; Produção animal; Sistemas integrados; Variáveis dendrométricas.

GENERAL ABSTRACT

Silvopastoral systems represent a promising alternative for exploiting land for multiple ecosystem services. From the point of view of livestock farming, the inclusion of leguminous trees in these productive arrangements can increase the efficiency of the use of natural resources, and can contribute to improving the nutritional value of the herbaceous component and animal performance. The objectives of this work were: i) to evaluate the characteristics in signal grass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster] pasture: canopy height, mass, density and forage accumulation, leaf:stem ratio and nutritional value; ii) in the leguminous *M. caesalpinifolia* (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), evaluate the dendrometric variables, biomass and nutritional value; and iii) concerning the animal component, was estimate its forage consumption and performance, in terms of body weight gain. All variables were evaluated in the monocrop system of signalgrass and *M. caesalpinifolia* systems and silvopastoral systems (SPS). The test was carried out at the Experimental Farm of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), located in the municipality of Garanhuns-PE (8°58'52"S and 36°27'47"W). The experimental treatments consisted of cultivation systems (a silvopastoral system (SPS) composed of signal grass intercropped with *M. caesalpinifolia*, in addition to monocultures of each species), under a randomized block design, with three replications, during the rainy and dry periods of the year., from August/2020 to October/2022. In the signal grass area, the legume was cultivated in three rows of double rows, spaced 2 m between rows x 1 m between plants, in addition to 25 m between rows, totaling 600 plants ha⁻¹. In the monocrop system of *M. caesalpinifolia*, the same spacing between rows and plants was used, but it was used in single rows, totaling 5,000 plants ha⁻¹. Grazing was carried out by Holstein x Zebu calves. There was no effect (P>0.05) of the cultivation system on the structural, productive characteristics, and nutritional value of signalgrass, as well as on animal performance. However, there was greater (P<0.05) forage consumption in the SPS (3.29 kg DM animal⁻¹ d⁻¹), concerning the brachiaria monoculture (2.54 kg DM animal⁻¹ d⁻¹). The cultivation system affected forage production per plant, diameter at breast height (DBH) and basal diameter (BD) of the *M. caesalpinifolia*. In the first grazing season (GS)2020/2021 (August/2020 to July/2021), the greatest canopy height (54 cm) and total forage mass (6,473 kg ha⁻¹ DM) occurred in the dry period. The leaf:stem ratio was 214% higher in the rainy season than in the dry season of EP 2020/2021 (2.2 vs. 0.7). Forage accumulation (515 kg DM ha⁻¹ year⁻¹) and forage accumulation rate (18 kg DM ha⁻¹ day⁻¹) of signalgrass were higher in the rainy. The greatest accumulation of total forage (ATF) (4,583 kg DM ha⁻¹) occurred in GS 2020/2021, compared to the ATF of 2,508 kg DM ha⁻¹ obtained in GS 2021/2022. The highest mass of greenforage was observed in EP 2020/2021 (1,659 kg DM ha⁻¹). In SSP, during the rainy season, a higher crude protein (CP) content (127 g kg⁻¹ DM) was observed concerning monoculture (94 g kg⁻¹ DM). Higher dry matter (DM) content (350 g kg⁻¹) was observed in GS 2020/2021, compared to EP 2021/2022 (302 g kg⁻¹). The lowest neutral detergent fiber (NDF) content (662 g kg⁻¹) occurred in GS 2021/2022. Furthermore, the lowest average values of acid detergent fiber (ADF) (284 g kg⁻¹), cellulose (CEL) (247 g kg⁻¹), and lignin (LIG) (34 g kg⁻¹), in addition to the highest DM in vitro digestibility coefficient (IVDMD) (692 g kg⁻¹ DM) were observed in the dry period of EP 2021/2022. The highest stocking rate (TL) values of 1.51 AU ha⁻¹ and gain per area (16 kg ha⁻¹) were observed in GS 2020/2021. Regardless of the cultivation system, the average daily weight gain (ADG) in the rainy season was 0.45 kg animal⁻¹ d⁻¹. The highest values of diameter at breast height (16.32 cm), basal diameter (20.54 cm) and dry matter production per plant (DMPP) (36 g DM plant⁻¹) of *M. caesalpinifolia* were observed in SPS. Forage mass (FM) was higher (p<0.05) in monoculture compared to SPS (69 vs. 22 kg DM ha⁻¹, respectively) in GS 2020/2021. The accumulation of total forage (ATF) of *M. caesalpinifolia* was greater in monoculture compared to SSP (383 vs. 116 kg DM ha⁻¹ year⁻¹) in the first GS, however, in GS 2021/2022 there was no PTDM in monoculture and the SSP obtained PTDM of 134 kg DM ha⁻¹ year⁻¹. The nutritional value of both species was not influenced (p<0.05) by the cultivation systems in GS 2020/2021, however, higher levels of CP (221 g kg⁻¹), ADF (449 g kg⁻¹) and IVDMD (383 g kg⁻¹) were observed in the rainy season, while higher DM content (426 g kg⁻¹) occurred in the dry season. The SPS with double rows of *M. caesalpinifolia* spaced 25 m apart, tree density of 600 plants ha⁻¹ and four years of age does not reduce the accumulation of signal grass forage in the southern Agreste of Pernambuco. It is possible to observe the contribution of legumes in a silvopastoral system with signal grass in increasing the CP content of grass forage during the rainy period of the year. The greater forage consumption in the

sabiá x signalgrass SPS can possibly be attributed to the greater welfare of the animals in this system. *M. caesalpinifolia* in SPS with double rows has higher DBH and BD, characteristics that promote higher quality of the wood produced and shorter harvest time, when compared to monoculture of the legume. Pruning management must be considered in exclusive systems and SPSs (with high tree density) of *M. caesalpinifolia* so as not to limit the growth and forage production of the legume.

Keywords: Animal production; Chemical-bromatological composition; Dendrometric variables; Integrated systems; Legumes; Signalgrass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1. Dinâmica do C e principais vias de entradas de N em sistemas silvipastoris com a leguminosa <i>M. caesalpinifolia</i> (Benth.).....	26
Figura 2. Espécie arbórea sabiá em sistema silvipastoril no município de Garanhuns-PE, Agreste Meridional de Pernambuco.....	37
Figura 3. Principais vantagens e desvantagens da utilização de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (Benth.) em sistemas silvipastoris no Brasil.....	38

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão no município de Garanhuns-PE.....	58
Figura 2. Balanço hídrico sequencial, precipitação e temperatura média de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.....	59
Figura 3. Efeito de período do ano para acúmulo de forragem (A) e taxa de acúmulo de forragem (B) do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco.....	64
Figura 4. Efeito de período do ano para massa de forragem seca verde do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco.....	64
Figura 5. Efeito de período do ano para proporções de folha (A) e material senescente (B) do capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco.....	65
Figura 6. Efeito da estação de pastejo para proporções de folha (A), colmo (B) e material senescente (C) do capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco.	65
Figura 7. Efeito do período do ano para produção de forragem total de capim-braquiária em monocultivo e SSP, no Agreste de Pernambuco.....	66
Figura 8. Efeito da estação de pastejo para produção de forragem total de capim-braquiária em monocultivo e somadas (capim-braquiária+sabiá) em SSP, no Agreste Meridional de Pernambuco.....	66

CAPÍTULO 3

Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, no município de Garanhuns-PE.....	84
Figura 2. Precipitação, temperatura média e balanço hídrico de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.....	85
Figura 3. Efeito da estação de pastejo para massa de forragem de total (A) e seca verde (B) do capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco.....	91
Figura 4. Efeito da estação de pastejo no teor de MS e FDN do capim-braquiária em monocultivo e SSP no Agreste Meridional de Pernambuco.	92
Figura 5. Consumo de matéria seca (CMS) de bovinos em crescimento em diferentes sistemas de cultivo no Agreste Meridional de Pernambuco.	95
Figura 6. Efeito dos períodos do ano na oferta de forragem, taxa de lotação e ganho por área em bezerros criados a pasto em monocultivo e sistema silvipastoril no Agreste Meridional de Pernambuco.	96

Figura 7. Efeito das estações de pastejo na taxa de lotação e ganho por área em bezerros criados a pasto em monocultivo e sistema silvipastoril no Agreste Meridional de Pernambuco.....	96
---	----

CAPÍTULO 4

Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes no município de Garanhuns-PE.....	118
Figura 2. Balanço hídrico, precipitação e temperatura média de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.....	119
Figura 3. Período de avaliação das árvores de sabiá em monocultivo e SSP Garanhuns-PE.....	120
Figura 4. Classificação do número de fustes (1A, 2B, 3C e 4D) das árvores em monocultivo e SSP no Agreste Meridional de Pernambuco.....	121
Figura 5. Altura da planta (A) e massa de forragem ($\leq 1,5$) da sabiá (B) em diferentes sistemas de cultivo no período chuvoso e seco do ano no primeiro ano de avaliação em Garanhuns-PE.....	125
Figura 6. Teores de MS e PB (A), FDA e DIVMS (B) da <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> no período chuvoso e seco no primeiro ano de avaliação em Garanhuns-PE.....	127
Figura 7. Teores de MS e LIG de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> em diferentes períodos do ano (A) e FDA e LIG em diferentes anos de avaliação em SSP, Garanhuns-PE.....	128
Figura 8. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> em diferentes períodos do ano em silvipastoril, Garanhuns-PE.	129
APÊNDICES	144

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Altura do dossel (AD), massa de forragem total (MFT), massa de forragem seca verde (MFV), densidade de forragem (DF), composição morfológica, acúmulo de forragem (AF), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e acúmulo de forragem líquido (AFT) de *Urochloa decumbens* (Braquiária) em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP), durante o período experimental.....62
- Tabela 2.** Interação período do ano x estação de pastejo nas características estruturais, morfológicas e produtivas do capim-braquiária, no Agreste de Pernambuco.....63

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), matéria orgânica (MO), matéria mineral mineral (MM) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) de *Urochloa decumbens* em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP); Garanhuns-PE.....91
- Tabela 2.** Interação sistema de cultivo x período do ano para os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) do capim-braquiária sob pastejo; Garanhuns-PE.....92
- Tabela 3.** Interação período do ano x estação de pastejo para os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-braquiária sob pastejo; Garanhuns-PE.....94
- Tabela 4.** Oferta de forragem (OF), taxa de lotação (TL), ganho de peso diário (GMD), ganho de peso por área (GPA) e ganho de peso total (GPT) de *Urochloa decumbens* em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP); Garanhuns-PE.....95
- Tabela 5.** Interação período do ano x estação de pastejo para o ganho médio diário (GMD) de bezerros em pastejo em monocultivo de capim-braquiária e em sistema silvipastoril, no Agreste Meridional de Pernambuco.....97

CAPÍTULO 4

- Tabela 1.** Variáveis dendrométricas e produção de forragem ($\leq 1,5$ m) de *Mimosa caesalpinifolia* (Benth). em diferentes sistemas de cultivo no Agreste Meridional de Pernambuco.....124
- Tabela 2.** Interação sistema de cultivo x ano de avaliação para produção de matéria seca por planta (PMSP), massa de forragem (1,5 m) (MF) e acúmulo de forragem total (1,5 m) (AFT) da sabiá em monocultivo e SSP, Garanhuns-PE.....125
- Tabela 3.** Valor nutritivo de *Mimosa caesalpinifolia*, sob monocultivo e SSP, de fevereiro a novembro de 2021, em Garanhuns-PE.....126
- Tabela 4.** Interação período do ano x ano de avaliação no teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose (HEM) de *Mimosa caesalpinifolia*, sob sistema silvipastoril, de fevereiro de 2021 a outubro de 2022, em Garanhuns-PE.....128

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	18
CAPÍTULO 1.....	21
1 REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2 A EXPLORAÇÃO PECUÁRIA NO BRASIL.....	24
3 SISTEMAS SILVIPASTORIS.....	25
3.1 MANEJO DO COMPONENTE ARBÓREO.....	28
4 MANEJO, ASPECTOS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DE U. DECUMBENS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO	29
4.1 DESEMPENHO ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS.....	33
4.2 POTENCIAL DA <i>MIMOSA CAESALPINIFOLIA</i> BENTH. EM SSP: VANTAGENS E LIMITAÇÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
CAPÍTULO 2.....	53
RESUMO	54
ABSTRACT	55
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.3 MANEJO DA ÁREA	60
2.4 VARIÁVEIS MENSURADAS	60
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	61
3 RESULTADOS	62
4 DISCUSSÃO	67
5 CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO 3.....	79
RESUMO	80
ABSTRACT	81
1 INTRODUÇÃO	82
2 MATERIAL E MÉTODOS	84
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	86
2.3 MASSA DE FORRAGEM E COLETA DE AMOSTRAS.....	86
2.4 VALOR NUTRITIVO E CONSUMO DE FORRAGEM.....	87
2.5 MANEJO E RESPOSTAS DOS ANIMAIS	89
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	90
3 RESULTADOS	90
3.1 DESEMPENHO ANIMAL	94
4 DISCUSSÃO	97
4.1 CONSUMO DE MATÉRIA SECA E DESEMPENHO ANIMAL	100
5 CONCLUSÕES.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
CAPÍTULO 4.....	112
RESUMO	113
ABSTRACT	114
1 INTRODUÇÃO	115
2 MATERIAL E MÉTODOS	117

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	117
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	119
2.3 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E PRODUÇÃO	120
2.4 COLETA DE AMOSTRAS	122
2.5 VALOR NUTRITIVO.....	122
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	123
3. RESULTADOS	124
3.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DA SABIÁ	124
3.2 VALOR NUTRITIVO.....	126
4. DISCUSSÃO	129
4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS	129
4.2 VALOR NUTRITIVO.....	133
5 CONCLUSÕES.....	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
APÊNDICES	144

INTRODUÇÃO GERAL

Os sistemas de produção pecuária a pasto ocupam cerca de 26% da área total do planeta e 80% das terras agrícolas produtivas da superfície terrestre (CARDOSO *et al.*, 2020). Os ecossistemas de pastagens são de fundamental importância para a prestação de serviços ecossistêmicos. A sua preservação e gestão sustentável são fundamentais para continuar garantindo sua multifuncionalidade (SCHILS *et al.*, 2022).

Dentre os vários fatores que desafiam as funções das pastagens estão entre os mais importantes o abandono, a degradação dos pastos com as mudanças no uso da terra e as mudanças climáticas (BARDGETT *et al.*, 2021; SCHILS *et al.*, 2022). Nos últimos anos, estima-se que a degradação acelerada da terra tem sido uma grande ameaça às áreas agrícolas e de pastos, sendo que aproximadamente 24 bilhões de toneladas de solo fértil são perdidas anualmente em todo o mundo, o que representa um prejuízo financeiro estimado de U\$\$ 400 bilhões por ano (GSP, Global Soil Partnership, 2017).

No Brasil, as áreas de pastagens cultivadas e nativas representam, aproximadamente, 163 milhões de hectares (LAPIG, 2022), o que corresponde a 21,2% da área total do país e 75% das terras agrícolas (POLIDORO *et al.*, 2021). Porém, deste total, aproximadamente 154 milhões de hectares são explorados em monocultivo de gramíneas (ABIEC, 2023), a exemplo de espécies do gênero *Urochloa*, que ocupa cerca de 90% desta área, destacando-se, principalmente, o cultivo de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster e *Urochloa brizantha* A. (Rich.) Stapf (CORRÊA *et al.*, 2020). Dentre as principais características do capim-braquiária pode-se destacar elevada adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas brasileiras, tolerância a solos ácidos e com baixos teores de fósforo, crescimento decumbente, alta produção de sementes viáveis e moderada (~35%) tolerância ao sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2007). Essas características contribuíram para consolidar essa espécie entre as mais utilizadas para produção animal a pasto no Brasil.

No entanto, alguns fatores contribuem para a degradação das pastagens, destacando-se entre os principais a ausência ou baixa reposição de nutrientes ao solo e o superpastejo (ABDALLA *et al.*, 2018). No Brasil existem cerca de 86,4 milhões de hectares de pastagens degradadas ou com algum estágio de degradação de um total de ~163 milhões de hectares (LAPIG, 2022), reduzindo a produtividade e a persistência do pasto.

Ações de manejo da pastagem inadequadas podem desencadear a degradação do pasto, o que ocasiona redução do sequestro de carbono (C) pelo ecossistema pastoril e, conseqüentemente, do estoque de C orgânico do solo (ABDALLA *et al.*, 2018). Além disso, ocorre redução da fertilidade e aumento da compactação do solo (FERNANDEZ *et al.*, 2008;

GARNETT *et al.*, 2017; BYRNES *et al.*, 2018). Desse modo, tal impacto incide diretamente na redução da biomassa aérea das espécies forrageiras (FRANK *et al.*, 2002).

É preciso optar por modelos de produção ambientalmente mais responsáveis e sustentáveis, com a finalidade de restaurar áreas degradadas e evitar a decadência dos sistemas de produção animal (PACIULLO *et al.*, 2021). Assim, nos últimos anos, tem ocorrido um interesse crescente em inovações que possam aumentar a resiliência dos ecossistemas de pastagens, garantindo elevada produtividade de forragem e os benefícios dos serviços ecossistêmicos (BARDGETT *et al.*, 2021; KUMAR; KUMAR, 2023).

Os sistemas agroflorestais (SAFs), com ênfase na modalidade silvipastoril, representam uma alternativa importante como prática de restauração de áreas degradadas e renovação de pastagens (POLANÍA-HINCAPIÉ *et al.*, 2021; KUMAR *et al.*, 2022). Esses sistemas combinam árvores, espécies forrageiras e animais na mesma área (HERRERA *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022), e a possível sinergia e interação desses componentes podem restaurar as funções do ecossistema pastoril. Nas últimas duas décadas, dentre as espécies arbóreas potenciais para serem exploradas em sistemas silvipastoris no Nordeste do Brasil, destaca-se a leguminosa *Mimosa caesalpinifolia* (Benth.) (MELLO *et al.*, 2014; APOLINÁRIO *et al.*, 2015, 2016; COSTA *et al.*, 2016, 2021; HERRERA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2021a; SILVA *et al.*, 2021b; CARVALHO *et al.*, 2022a; CARVALHO *et al.*, 2022b), conhecida popularmente como Sabiá ou Sansão do campo.

Nesses sistemas integrados, é essencial avaliar a interação entre os componentes do sistema (solo, estrato herbáceo, árvores e animais) (BERNARDI *et al.*, 2014). Quanto ao componente arbóreo, é importante selecionar espécies apropriadas como leguminosas para garantir sustentabilidade ao sistema (SILVA *et al.*, 2021). De acordo com Osewold *et al.* (2022), as árvores que compõem esses sistemas fornecem múltiplas funções ecológicas e econômicas, tais como ciclagem de nutrientes, serrapilheira e forragem. Assim, Apolinário *et al.* (2016) e Herrera *et al.* (2021) acrescentaram ainda que, quando o componente arbóreo se trata de leguminosas, as árvores são consideradas os elementos estruturais básicos, importantes para beneficiar o sistema, em razão da influência que exercem no processo de ciclagem de nutrientes, por meio do processo de fixação biológica de nitrogênio, por meio da simbiose leguminosa-rizóbio.

Recentemente, Simões *et al.* (2023) relataram a primeira evidência de que os atributos físico-hídricos do solo, especificamente a capacidade de água disponível para as plantas e a conectividade dos poros, em pastagens com leguminosas, em região semiárida, favorecem um equilíbrio positivo entre a produção primária (entrada de C) e a respiração do solo (produção

de C), ou seja, maior entrada/menor produção.

Ademais, Bento *et al.* (2020) relataram que, mesmo com o crescente foco em estudos com sistemas silvipastoris, ainda existem muitas lacunas de evidências nesse tipo de sistema, tais como: (i) influência da leguminosa arbórea sabiá no desempenho produtivo e nutricional do capim-braquiária, quando consorciados com espaçamento de 25m entre filas duplas (600 plantas ha⁻¹), após quatro anos do estabelecimento; (ii) influência do Sabiá no desempenho animal em SSP; (iii) informação da produção de forragem de Sabiá, em termos de produção por planta, e das características dendométricas, quando comparados aos sistemas de monocultivo da leguminosa e consorciada com capim-braquiária; e (iv) informações sobre o teor de PB da forragem de sabiá em sistema silvipastoril.

Diante do exposto, o presente estudo buscou avaliar características produtivas e estruturais, bem como o valor nutritivo de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster. e de *Mimosa caesalpinifolia* Benth., e o desempenho de bovinos em crescimento em diferentes sistemas de cultivo, no Agreste Meridional de Pernambuco.

CAPÍTULO 1

Revisão de literatura

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 DESAFIOS E LIMITAÇÕES NOS ECOSISTEMAS DE PASTAGENS

O manejo inadequado causado pela ação antrópica tem sido um problema recorrente nas últimas décadas nos ecossistemas de pastagens. A função e sustentabilidade dos ciclos de nutrientes da terra têm sido afetadas pela exagerada exploração dos recursos naturais e planejamento inadequado de seu uso, contribuindo para a degradação de terras produtivas, sobretudo em regiões áridas e semiáridas (RAMAKRISHNAN *et al.*, 2021). Após estarem degradadas, as perdas de matéria orgânica do solo (MOS) são elevadas, o que contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (CÁ *et al.*, 2022).

Em escala global, estima-se que a degradação acelerada do planeta é uma grande ameaça ao solo. Segundo Global Soil Partnership (2017), aproximadamente 24 bilhões de toneladas de solo fértil são perdidas anualmente apenas por erosão hídrica e, 75 bilhões de toneladas do solo são erodidos de outras formas, resultando em prejuízo financeiro estimado de U\$\$ 400 bilhões por ano.

As mudanças climáticas têm sido outra grande ameaça à produção agrícola. Alguns eventos extremos e a maior variabilidade nas condições climáticas terão provavelmente um efeito maior na produção do que as alterações no clima médio por si só (BURGESS *et al.*, 2022). Adicionalmente, os rendimentos das culturas estagnaram nos últimos anos como consequência de ondas de calor recorrentes e secas prolongadas (RAY *et al.*, 2012; CHAVEZ *et al.*, 2015; BEILLOUIN *et al.*, 2020).

A previsão é que o rendimento global de trigo reduza em 6% para cada aumento de 1 °C na temperatura média (ZHAO *et al.*, 2017), ainda é demonstrado que a variabilidade climática afetará negativamente as pastagens, com consequências em cascata para a produção pecuária (SLOAT *et al.*, 2018). As modificações do ambiente térmico, especialmente o aumento do estresse térmico, afetarão diretamente a produção de forragem e o bem-estar animal (CHENG *et al.*, 2022).

Além da degradação, mudanças climáticas e as ações antrópicas provocadas pelo homem com o manejo inadequado nos ecossistemas de pastagens, tem sido um dos principais problemas ao longo das últimas décadas. Devido ao desmatamento desenfreado das florestas para conversão em áreas de monoculturas, além da ausência ou baixa reposição de nutrientes em ecossistemas de pastagens em clima tropical, associada à elevada intensidade do pastejo tem sido alguns fatores envolvidos na degradação dos pastos, sendo influenciada pela taxa de lotação (TL) e tempo de pastejo (ABDALLA *et al.*, 2018). Quando a TL ultrapassa a

capacidade de suporte do pasto, promovendo o superpastejo na área, pode-se ter início o processo de degradação do mesmo ao longo do tempo, elevando, ainda, a necessidade de suplementação alimentar para a manutenção dos animais.

Assim, o ajuste da TL em relação à disponibilidade de forragem no pasto é reconhecido como uma das principais práticas de manejo nos sistemas de produção animal a pasto. Outras consequências resultantes da frequente utilização de TL acima da capacidade de suporte do pasto e a não reposição de nutrientes ao solo são a redução da fertilidade do solo (FERNANDEZ *et al.*, 2008), possibilidade da redução do potencial das plantas em capturar CO₂ e, portanto, reduzindo a biomassa aérea (FRANK *et al.*, 2002) e aumento da compactação do solo (GARNETT *et al.*, 2017; BYRNES *et al.*, 2018). Por exemplo, Perović *et al.* (2021) relataram que o superpastejo pode ser um dos principais problemas nas pastagens com efeito direto e que contribuiu severamente para a degradação de áreas agrícolas.

A fertilização química é a prática de adubação direta para incorporar os nutrientes, entre eles o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (NASCIMENTO *et al.*, 2024), diretamente no solo para uso imediato pelas plantas. No entanto, quando esses nutrientes são deficientes no solo, tornam-se limitantes para o crescimento das plantas. Além disso, a fertilização mineral é uma prática comum para aumentar a taxa de lotação, o desempenho animal e a produtividade do sistema forrageiro-pecuário (SILVA *et al.*, 2020). No entanto, os fertilizantes minerais apresentam elevado custo e contribuem para as emissões de gases de efeito estufa por estes sistemas (BOURSCHEIDT *et al.*, 2019).

As terras degradadas podem ser melhoradas e restauradas com a adoção de práticas agronômicas, mecânicas e biológicas mais sustentáveis, por meio da adoção de sistemas integrados de produção, tais como os SAFs, com destaque para a modalidade silvipastoril (SSPs) (CHATURVEDI *et al.*, 2018; JINGER; KAKADE, 2019; KUMAR *et al.*, 2022).

A exploração dos SAFs tem sido um caminho promissor para a mitigação e adaptação do maior desafio do século: as mudanças climáticas. Para tal, as práticas sustentáveis em SAFs garantem diversos serviços ecossistêmicos, incluindo maior produtividade potencial do sistema, restauração das funções do solo e mitigação das mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono e produções de biomassa relacionadas em várias zonas agroecológicas de países em desenvolvimento (RAJ *et al.*, 2020). A fim de garantir alimentos para uma população crescente, combater as mudanças climáticas e preservar a biodiversidade, faz-se necessário para desenvolver sistemas agropecuários mais sustentáveis em todos os seus aspectos conceituais, social, econômico e ambiental (ANDERSSON *et al.*, 2021).

1.2 A EXPLORAÇÃO PECUÁRIA NO BRASIL

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com mais de 200 milhões de cabeças; tal fato torna o país líder na exportação global com aproximadamente, 2.536 milhões de toneladas de carne bovina (IBGE, 2023). A pecuária nacional é baseada em pastagens com predomínio do manejo extensivo, o que resulta em baixos índices de produtividade (SCHWERTNER *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2024). No entanto, para atingir esse efetivo bovino, houve o desmatamento de novas áreas para compensar o crescente déficit de pastagens causado pela degradação e para alocar o rebanho. Pesquisas anteriores reportaram que a expansão da área de pastagem está diretamente correlacionada com o desmatamento (BUSTAMANTE *et al.*, 2012; PARENTE *et al.*, 2019; STABILE *et al.*, 2020).

De acordo com algumas projeções de demanda alimentar no final desta década, a produção de proteína animal no Brasil será, aproximadamente, 12% maior até 2030 (MAPA, 2022). Santos *et al.* (2024) reportaram que o aumento da capacidade pecuária devido à recuperação de pastagens degradadas é capaz de atender à demanda projetada de carne até 2030, sem a necessidade de expansão das áreas de pastagens. Nesse sentido, a intensificação das pastagens pode ajudar a evitar mais desmatamento, trazendo ganhos de sustentabilidade ao setor agrícola.

Com a demanda por intensificação dependente de N, algumas tecnologias produtivas como inoculação bacteriana em culturas agrícolas (SANTOS *et al.*, 2021), os consórcios de gramíneas com leguminosas (BOURSCHEIDT *et al.*, 2023; SALES-SILVA *et al.*, 2023; SANTOS *et al.*, 2024), manejo de corte em leguminosa (DINIZ *et al.*, 2024), sistemas agroflorestais (CARVALHO *et al.*, 2022a,b; SANTOS *et al.*, 2023; MONTEIRO *et al.*, 2024; PESSOA *et al.*, 2024) e outras práticas agronômicas associadas com gramínea (IZIDRO *et al.*, 2023) são alternativas promissoras para aumentar a produtividade e garantir a sustentabilidade de milhões de hectares de pastagens. Ademais, essas práticas com inserção de leguminosas nos sistemas de produção permite a substituição parcial ou completa de fertilizantes minerais (nitrogênio), garantindo nutrição adequada às plantas, conservação do solo, manutenção da fertilidade e sequestro de carbono (BOURSCHEIDT *et al.*, 2023; SILVA *et al.*, 2023). Em escala global, uma estimativa recente relatou que, aproximadamente, 85% dos insumos de N em sistemas agroflorestais são possivelmente derivados da fixação de N₂ por árvores leguminosas, enquanto apenas 15% são derivados de insumos de fertilizantes inorgânicos e orgânicos (KIM; ISAAC, 2022).

É necessário adotar novas tecnologias de produção para maximizar a produção pecuária por área sem que ocorra o desmatamento de novas áreas para expansão agrícola.

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais surgem como alternativas potenciais para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (FLORES-COELHO *et al.*, 2023), melhorar a produção de forragem e desempenho animal (MONTEIRO *et al.*, 2024) e a ciclagem de nutrientes (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2020; CÁ *et al.*, 2023; MORENO-GALVÁN *et al.*, 2023; PESSOA *et al.*, 2024).

1.3 SISTEMAS SILVIPASTORIS

Dentre as modalidades dos SAFs, destacam-se os SSPs, por terem o potencial de otimizar recursos naturais, aumentar a produtividade e melhorar a biodiversidade (LOPEZ-HERNANDEZ *et al.*, 2023). Tais benefícios são alcançados pela integração de plantas herbáceas, arbóreas e animais na mesma área (CARVALHO *et al.*, 2022). Na literatura tem sido relatado que a presença de árvores e arbustos em pastagens aumenta tanto a biomassa vegetal quanto o armazenamento de carbono orgânico do solo (COS), quando comparado aos sistemas convencionais com ausência de árvores (ARYAL *et al.*, 2022; LÓPEZ-HERNANDÉZ *et al.*, 2023).

Algumas pesquisas enfatizaram os benefícios dos sistemas integrados em comparação aos convencionais, como ciclagem de nutrientes (MAIA *et al.*, 2021; BANSAL *et al.*, 2022; PESSOA *et al.*, 2024), aquisição de mais de um produto por unidade de área (CARVALHO *et al.*, 2018), melhorias nas propriedades do solo (BANSAL *et al.*, 2022; SIMÕES *et al.*, 2023) e redução no uso de fertilizantes (ALVES *et al.*, 2019).

A incorporação de matéria orgânica aérea proveniente de podas e senescência de folhas, galhos e outras partes reprodutivas, como serrapilheira, seguida de sua decomposição, aumenta o horizonte orgânico na superfície do solo. No Agreste de Pernambuco, Pessoa *et al.* (2024) reportaram deposição total de serrapilheira baixa (201 a 531 kg ha⁻¹) para o potencial de plantas maduras de *M. caesalpinifolia*. Esses autores atribuíram a baixa deposição anual de serrapilheira referente à idade mais jovem das árvores (1,8 ano); as árvores ainda estavam em desenvolvimento, principalmente no crescimento de sua copa. No entanto, na Zona da Mata, Apolinário *et al.* (2016) relataram deposições de serrapilheira acima de 5.000 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹ para plantas maduras (> 5 anos) de *M. caesalpinifolia* sob uma densidade de plantio de 3.600 plantas ha⁻¹. A partir da deposição e decomposição de serrapilheira de árvores e gramíneas acima do solo em SSPs (Figura 1), aumenta o acúmulo de COS em comparação a pastagens convencionais (APOLINÁRIO *et al.*, 2016).

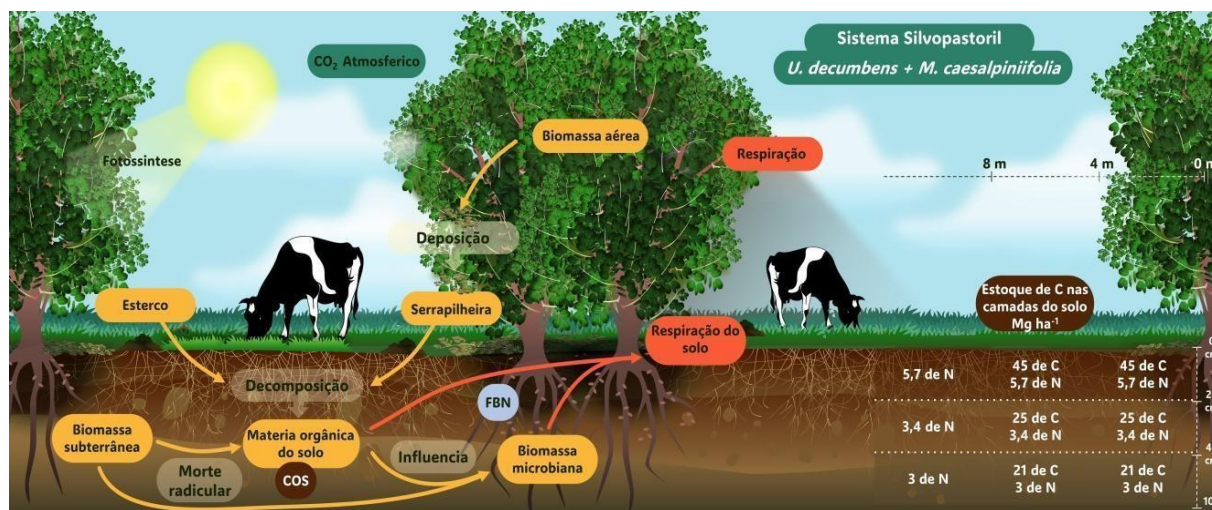


Figura 1. Dinâmica do C e principais vias de entradas de N em sistemas silvipastoris com a leguminosa *M. caesalpinifolia* (Benth.). Adaptado de Lira Jr. *et al.* (2020).

Com relação à contribuição da matéria orgânica (MO) advinda da serrapilheira acima do solo, é esperado que os SSPs armazenem mais C e N (Figura 1) do que os pastos convencionais, devido à presença de sistemas radiculares mais profundos das árvores, que translocam C para camadas mais profundas do solo e utilizam nutrientes que estão fora do alcance das raízes das plantas herbáceas (SIEGWART *et al.*, 2023). A renovação das raízes pequenas e finas nas camadas mais profundas do solo e a liberação de exsudatos vegetais também contribuem para aumentar o armazenamento de COS em SSP (ABREU *et al.*, 2020; MORALES RUIZ *et al.*, 2021).

Outros estudos (KARKI *et al.*, 2021; RAMAKRISHNAN *et al.*, 2021; POUDEL *et al.*, 2022) relataram aumento da biomassa microbiana e das atividades enzimáticas do solo em SSP, com a magnitude do impacto positivo na qualidade do solo variando com as características da árvore e a idade do sistema. Ainda, a fixação biológica de N, a utilização eficiente de nutrientes e a redução da perda de nutrientes por lixiviação contribuem para o aumento da produção de forragem, especialmente em solos com déficits de nutrientes (KIM; ISAAC, 2022).

Em estudo desenvolvido na região Nordeste do Brasil, Lira Jr. *et al.* (2020) utilizaram dois SSPs compostos com capim-braquiária consorciado com filas duplas de sabiá ou gliricídia (*Gliricidia sepium*), além do monocultivo de capim-braquiária. Em diferentes distâncias das filas duplas das árvores (0, 4 e 8 m), foi observado que os estoques de N no solo aumentaram em todas as distâncias (Figura 1), na camada superficial do solo (0-10 cm), apresentando valores de 5,7 e 6,4 Mg ha⁻¹, no SSP-sabiá (Figura 1) e SSP-gliricídia, respectivamente. Ainda nesse mesmo estudo, o estoque de N no solo triplicou no SSP-sabiá

comparado aos níveis iniciais em todas as distâncias das linhas da leguminosa. Esses estoques nas camadas do solo foram de 3,4 Mg ha⁻¹ e 3,0 Mg ha⁻¹ a 40 cm e 60 cm de profundidade (Figura 1), respectivamente.

Moreno-Galván *et al.* (2023) relataram que a implementação de SSPs em longo prazo aumenta a disponibilidade de nutrientes como o P, visto que esse elemento é escasso em muitos agroecossistemas tropicais. Entretanto, Herrera *et al.* (2023) avaliaram SSP com leguminosas (glicíndia e sabiá) em Itambé-PE, e relataram que a fertilidade foi reduzida após nove anos em SSPs, quando não ocorreu adubação de manutenção de nutrientes (P e K), sendo realizada somente a adubação de fundação no início do experimento.

No entanto, apesar das vantagens e múltiplos serviços ecossistêmicos prestados pelos SSPs, esses sistemas integrados apresentam algumas desvantagens. A implantação, por exemplo, é algo limitante, pois implica múltiplos aspectos técnicos, econômicos e sociais que limitam a adoção desta prática. Além disso, o maior investimento inicial no estabelecimento, a duração da exclusão do pastejo para que as árvores atinjam determinada altura, o maior tempo para o retorno das receitas, a lenta recuperação do carbono orgânico do solo e a menor vida útil das árvores, como por exemplo, a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) em sistemas de pastejo, podem limitar o estabelecimento de SSPs (RADRIZZANI *et al.*, 2011), por parte dos produtores rurais.

De forma geral, as compensações com a produtividade da biomassa das gramíneas, a falta de conhecimentos ecológicos e técnicos, os incentivos governamentais inadequados e a falta de apoio político são outros fatores que podem limitar a implementação de SSPs. Em perspectivas futuras, o pagamento por serviços ambientais e a investigação em longo prazo sobre múltiplos indicadores da saúde do solo e dos serviços ecossistêmicos poderiam ajudar a uma implementação mais ampla da modalidade SSP (LÓPEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2023).

Em estudos futuros poder-se-iam avaliar possíveis mudanças nos estoques de C e N ao longo da cronosequência de *Mimosa caesalpiniiifolia* em SSP, mas também seria importante avaliar o efeito de outras espécies em SSP no aumento de C e N em pastagens. Além disso, é importante quantificar as emissões de gases de efeito estufa produzidos, como as emissões de metano entérico da pecuária em sistemas sivipastoris. Outra lacuna que poderia ser considerada também para investigação em estudos futuros é a avaliação do ciclo de vida em SSP e monocultura para estimar o potencial líquido de mitigação de GEE em SSP.

Os estudos de longo prazo que demonstram os benefícios ambientais e econômicos de SSPs, em relação aos sistemas em monocultivos, são fundamentais para apoiar o processo de tomada de decisão relativamente à gestão do sistema e também para promover o

desenvolvimento de políticas e pagamentos adicionais aos agricultores para a adoção de SSPs como recursos regenerativo e prática lucrativa (AMORIM *et al.*, 2023).

1.4 MANEJO DO COMPONENTE ARBÓREO

Quando fatores como umidade do solo, disponibilidade de nutrientes e manejo não limitam o crescimento do componente herbáceo em sistema silvipastoril, a radiação solar é um fator determinante dos atributos da copa da pastagem (NASCIMENTO *et al.*, 2019), e pode explicar a produção de forragem (LOPES *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2020).

O estabelecimento adequado de um SSP é condicionado pelo arranjo ideal das árvores, devido à influência direta do sombreamento no acúmulo de forragem e valor nutritivo, afetando a capacidade de suporte do pasto, o desempenho animal e a viabilidade econômica (JOSE; DOLLINGER, 2019). Nesse sentido, o arranjo de plantio deve ser selecionado para proporcionar benefícios ambientais, mas também manter a produtividade e persistência do pasto.

Em SSP sob intenso sombreamento, a quantidade limitada de luz e a qualidade reduzida podem afetar negativamente as características morfofisiológicas do capim, aumentando o alongamento do colmo, o comprimento e a área foliar, ao mesmo tempo em que reduzem a densidade populacional de perfilhos, o índice de área foliar (IAF) e as taxas fotossintéticas, esta combinação de fatores pode afetar negativamente o acúmulo de forragem (GÓMEZ *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2016) avaliaram SSPs (12 e 22 m entre fileiras, totalizando 417 e 715 árvores ha⁻¹, respectivamente) no Cerrado brasileiro, reportaram redução de 1,35% na massa de forragem para cada 1% de redução na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e sugeriram que o espaçamento entre fileiras de eucalipto fosse maior que 22m para reduzir o impacto negativo na produtividade das pastagens. Outro estudo na Amazônia (GEREMIA *et al.*, 2018), com SSP em fileiras triplas de eucalipto espaçadas de 15 m (714 árvores ha⁻¹), reduziu a produtividade de forragem e dos animais, sugerindo que um arranjo de plantio mais espaçado seria mais adequado. Na região Nordeste, no município de Itambé-PE, Silva *et al.* (2021) avaliaram SSPs com gliricídia e sabiá com espaçamento de 15m entre filas duplas de árvores (2.500 árvores ha⁻¹) e reportaram redução de 37% na massa de forragem verde do capim-braquiária em SSP-sabiá. Esses autores também relataram que aparentemente a sabiá compete mais pela água com o capim-braquiária do que a gliricídia.

Outros fatores também podem ser condicionados pela quantidade e qualidade de radiação incidente em sistemas silvipastoris. Entretanto, a competição entre o componente arbóreo e herbáceo pode ser minimizado pelo planejamento do espaçamento entre linhas,

orientação das fileiras (norte-sul e leste-oeste), número de linhas (simples, duplas ou triplas), densidade arbórea, poda e desbaste (VIEIRA JR. *et al.*, 2022).

A orientação das filas das árvores e a trajetória do sol ao longo do dia influenciam diretamente a projeção da sombra e, como resultado, o desempenho dos componentes do sistema (VIEIRA JR. *et al.*, 2022). Por exemplo, na orientação norte-sul, a trajetória do sol é perpendicular às fileiras de árvores, projetando sombra, oscilando entre as direções leste-oeste e em diferentes quantidades ao longo do dia (VIEIRA JR. *et al.*, 2019). Entretanto, na orientação leste-oeste o oposto ocorre, com sombra mais pronunciada próximo às fileiras de árvores (GOMES *et al.*, 2019).

É fundamental realizar o manejo adequado das árvores para permitir as sinergias que garantem o crescimento das forrageiras e, conseqüentemente, a produtividade da pecuária (CARVALHO *et al.*, 2019). Assim, a realização de podas e desbastes representam formas eficientes de aumentar a radiação incidente dentro dos SSPs para gerar condições favoráveis ao componente herbáceo (NICODEMO *et al.*, 2016). O tipo de arranjo influencia diretamente na idade das árvores quando essas práticas são exigidas, e na porcentagem da copa a ser podada ou no número de árvores a serem desbastadas. A manutenção da produção de forragem em nível moderado em SSPs com espaçamento de 15 m entre fileiras, esse tipo de prática é recomendado a partir dos seis anos após a fase de estabelecimento do SSP. No entanto, sistemas com espaçamentos entre linhas de 30 m, será necessária alguma ação de manejo (poda ou desbaste) a partir de oito anos após o estabelecimento (VIEIRA JR. *et al.*, 2022). Oliveira *et al.* (2023) reportaram que de acordo com a finalidade de produção, gramínea ou pecuária, é necessário adotar espaçamento superiores a 30 m entre as filas de árvores em SSP.

4 MANEJO, ASPECTOS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DE *U. DECUMBENS* EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

As condições das pastagens podem diferir muito sobre as épocas do ano e entre os diferentes tipos de sistemas agrícolas, tais como sistemas de pastejo em cultivo exclusivo, sistemas agroflorestais e silvipastoris. A presença de árvores pode afetar o crescimento, a morfologia e o valor nutritivo da forragem do estrato herbáceo, influenciando as condições climáticas, ou seja, sombreamento, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, alterando a dinâmica da água no solo e a ciclagem de nutrientes (GLATZLE *et al.*, 2021; GLATZLE *et al.*, 2024).

O capim-braquiária é uma gramínea originária do continente Africano, sendo

considerada a primeira espécie desse gênero a ser introduzida no Brasil, no Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN), termo que inspirou o nome do cultivar: *Brachiaria decumbens* cv. Ipean (SERRÃO; SIMÃO NETO, 1971), a qual teve seu plantio iniciado em 1950 e seu auge de expansão foi atingido nas décadas de 1970 e 1980 (ZIMMER *et al.*, 1988).

A *B. decumbens*, syn. *Urochloa decumbens* Stapf R. D. Webster (capim-braquiária), é uma forrageira considerada adaptada às condições edafoclimáticas de grande parte das áreas destinadas à exploração pecuária no Brasil, viabilizando a pecuária em solos com níveis baixos de fertilidade, ácidos (CARDOSO *et al.*, 2014) ou com baixo teor de P (RAO *et al.*, 1995), sendo explorada sob monocultivo na maioria dos sistemas de produção animal. A produtividade anual do capim-braquiária varia entre 5 a 12 t ha⁻¹ de matéria seca (MACHADO *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2022a), a depender da fertilidade natural do solo ou da adubação utilizada. Devido ao potencial de acúmulo de forragem, essa gramínea torna-se uma excelente alternativa forrageira para sistemas de produção animal (MACHADO *et al.*, 2020). Como se trata de uma planta perene, com hábito de crescimento decumbente e moderadamente tolerante à sombra, sob SSPs ocorre redução das áreas de solo descoberto e produção de sementes viáveis (CASTRO *et al.*, 2010; APOLINÁRIO *et al.*, 2015).

Em relação ao manejo do capim-braquiária em monocultivo, Pedreira *et al.* (2017) reportaram que a IL não é um critério de fácil mensuração, por necessitar de equipamentos caros, os quais não são adquiridos pelo produtor. Em termos práticos, a altura do dossel apresenta consistente e alta associação positiva com os valores de IL mensurados, e tem sido utilizada como critério para definir a condição pré-corte.

Algumas metas de manejo de pastos com *U. decumbens* cv. Basilisk foram bem relatadas na literatura. Braga *et al.* (2009) reportaram que longos períodos de rebrota, com aproximadamente 40 dias durante o verão, resultaram em maiores taxas diárias de acúmulo de forragem e maior produção de folhas em comparação à adoção de pastejos frequentes em capim-braquiária cv. Basilisk (PEDREIRA *et al.*, 2017).

No entanto, as vantagens da adoção de longos períodos de descanso foram contrabalançadas pela maior proporção de colmos e material senescente na massa de forragem pré-pastejo (BRAGA *et al.*, 2009), os quais resultaram na redução do valor nutritivo (PEDREIRA *et al.*, 2017). Assim, alturas pré-pastejo, variando entre 16-30 cm, têm sido indicadas como metas alvo de manejo durante as estações secas e chuvosas para esta gramínea, na tentativa de promover um equilíbrio entre a produção de forragem, de folhas e o valor nutritivo (BRAGA *et al.*, 2009; PORTELA *et al.*, 2011; PEDREIRA *et al.*, 2017).

Lopes *et al.* (2017) avaliaram o desempenho da *U. decumbens* a pleno sol ou sob condições de sombreamento em sistemas silvipastoris, adotaram alturas pré-corte de 40 cm, associadas a um resíduo de 15 cm, o que correspondeu a remoção de 63% da altura inicial, enquanto Gama *et al.* (2013), em estudo para recuperação de pastagens degradadas, adotaram alturas pré e pós-corte de 40 e 10 cm, respectivamente, com resíduo correspondente a remoção de 75% da altura inicial. De acordo com Pedreira *et al.* (2017), a *U. decumbens* cv. Basilisk apresenta elevada plasticidade fenotípica que permite a utilização de alturas pré e pós-pastejo diferentes em diversos trabalhos, sem que ocorram efeitos negativos sobre a produção de forragem, desde que as pastagens sejam adequadamente fertilizadas.

Lemaire *et al.* (2009) reportaram que pastagens sob lotação contínua são caracterizadas por altura, massa de forragem ou IAF constantes por meio de ajustes entre taxa de lotação e taxa de acúmulo de forragem (TAF). A TAF é determinada pelas condições climáticas e ambientais, pela disponibilidade de nutrientes e pela frequência ou intensidade da desfolha. Porém, a presença de árvores pode resultar em menores taxas de fotossíntese foliar, principalmente devido ao sombreamento (GOMES *et al.*, 2019), o que pode resultar em maior utilização de reservas orgânicas para apoiar a rápida recuperação da área foliar. Assim, pode ser necessária uma gestão do pastejo (por exemplo, baixa intensidade de pastejo) para reduzir o impacto nas estruturas de crescimento, no tamanho dos reservatórios de hidratos de carbono e na área foliar residual após a desfolha, minimizando, assim, o efeito em longo prazo na produtividade e na persistência do pasto (PEDREIRA *et al.*, 2017).

Nascimento *et al.* (2021) reportaram que manejaram SSP sob lotação contínua usando altura alvo de 30 cm para capim-marandu (*Urochloa brizantha* A. Rich. Stapf), mantendo o IAF e a morfologia do perfilho (folhas totais, vivas e mortas, peso do perfilho, comprimento do entrenó e comprimento do colmo) semelhantes ao monocultivo. Tal resultado indica a possibilidade de manutenção de estrutura de copa de gramíneas semelhante em SSP e pleno sol (GOMES *et al.*, 2019). Porém, mesmo com a semelhança na estrutura do dossel, no SSP foram observados menores valores de MF e DF, devido à redução na densidade de perfilhos causada pelo sombreamento, mas isso não foi suficiente para causar redução no acúmulo de forragem (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Por isso, é importante monitorar o crescimento das árvores e o impacto da intensidade do sombreamento na produção das pastagens em SSPs. Geremia *et al.* (2018) avaliaram capim-piatã sob três níveis de sombreamento, relataram maior consumo de forragem em pastagens abertas e sob sombra moderada (339 árvores ha⁻¹) do que sombra intensa (778 árvores ha⁻¹), devido à maior proporção de folhas na massa de forragem do pasto em ambientes com maior luminosidade.

Em alguns estudos, como o de Carvalho *et al.* (2022a), a massa de forragem verde e total e das frações de capim-braquiária não foi afetada pelo sistema de cultivo, ocorrendo apenas efeito de ciclo e ano de avaliação, respectivamente. Vale ressaltar que os estudos desses autores foram conduzidos na mesma área experimental no município de Garanhuns, Agreste de Pernambuco. Carvalho *et al.* (2022a) atribuíram a ausência de efeito do sistema de cultivo ao reduzido intervalo de tempo de implantação das árvores nos SSPs (<2 anos), período considerado insuficiente para que ocorresse efeito do sistema de cultivo nas características produtivas do capim-braquiária. Esses autores encontraram massa de forragem total (MFT) com valor médio de 5.160 kg MS ha⁻¹ e durante os ciclos de avaliação, a MFT variou entre 1.218 kg MS ha⁻¹ e 10.342 kg MS ha⁻¹.

No entanto, Cavalcanti Filho (2008), Lima *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2021a) observaram redução da massa de forragem da gramínea *U. decumbens* quando explorada em SSPs, sendo de 1.924, 1.765 e 1.230 kg MS ha⁻¹, respectivamente, quando comparada ao monocultivo, existindo assim competição entre as árvores e a gramínea explorada (SANTOS *et al.*, 2020). Isso pode ser explicado pelo rápido crescimento e desenvolvimento que a sabiá apresenta (MOURA *et al.*, 2006). Após a fase de estabelecimento, a sabiá pode competir mais com o componente herbáceo por luz, água e nutrientes durante a fase de desenvolvimento, influenciando diretamente na produtividade da gramínea no sub-bosque do SSP, fato este que ocorre em SSPs após dois anos de implantação (HERRERA *et al.*, 2020).

Em estudo realizado na zona da mata seca de Pernambuco, Herrera *et al.* (2020) obtiveram valores médios de 5.057 kg MS ha⁻¹ em áreas de monocultivo de capim-braquiária e de 3.292 kg MS ha⁻¹ em sistemas consorciados com espécies leguminosas com densidade populacional de 2.500 plantas ha⁻¹. A redução da massa de forragem está diretamente ligada à competição das leguminosas *M. caesalpiniiifolia* e *Gliricidia sepium* na densidade adotada com o capim-braquiária.

A composição química quanto à digestibilidade de uma planta forrageira pode variar de acordo com fatores químicos, físicos e estruturais inerentes à planta e também com fatores ambientais, principalmente, sob condições edafoclimáticas da região (LOPES *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2022). Por exemplo, o aumento da temperatura aumenta os teores de FDN, FDA e LIG (DUMONT *et al.*, 2015) e reduz os teores de PB e digestibilidade (HUGHES *et al.*, 2011). Além disso, é importante conhecer o valor nutricional de espécies de plantas em diferentes sistemas de cultivo. Alguns estudos procuraram avaliar os principais aspectos do valor nutricional do capim-braquiária em diferentes sistemas de cultivo (LARA *et al.*, 2021;

PACIULLO *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2023) e outras espécies forrageiras (FERREIRA *et al.*, 2023; DINIZ *et al.*, 2024).

Embora os relatos na literatura sobre os efeitos do sombreamento sobre FDN, FDA e DIVMS sejam inconsistentes, alguns autores registraram reduções na FDN (LIMA *et al.*, 2018; PACIULLO *et al.*, 2021) e FDA (LIMA *et al.*, 2018) na sombra, o que foi atribuído ao maior número de células de esclerênquima e paredes secundárias mais espessas sob maior incidência de luz (KEPHART; BUXTON, 1993; DEINUM *et al.*, 1996). Além disso, foi relatado atraso na maturação morfológica em ambientes sombreados do que sob condições de pleno sol (NEEL *et al.*, 2016; FORD *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2023) reportaram incremento no teor de PB e redução no teor de FDN na forragem de *Urochloa decumbens* submetido a 60% de sombreamento. Já no estudo de Carvalho *et al.* (2022) observaram que em sistema silvipastoril composto por *U. decumbens* + sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) na fase de estabelecimento (2 anos) sob espaçamento de 25 m entre filas duplas não houve efeito do sistema de cultivo no valor nutritivo do capim-braquiária. No entanto, ainda faltam informações sobre a disponibilidade sazonal e o valor nutritivo das pastagens que sustentam a pecuária leiteira e de corte (MELO *et al.*, 2022), principalmente em sistemas silvipastoris cultivados em ambiente tropical.

4.1 DESEMPENHO ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS

O desempenho animal é influenciado principalmente pela qualidade da forragem, que é relacionado ao consumo de matéria seca (CMS) e do valor nutritivo da forragem (RUGGIERI *et al.*, 2020). Assim, a adoção de sistemas de cultivos como SSPs voltados ao consumo de forrageiras com alto valor nutricional, além de proporcionar maior eficiência alimentar, pode também reduzir a emissão de gases de efeito estufa (ZUBIETA *et al.*, 2021).

Em relação ao pastejo, os animais tendem a manter um tempo total de pastejo diário relativamente estável para atender às necessidades nutricionais diárias. De modo geral, os bovinos possuem um padrão de alimentação que varia de 6 a 13 horas e um limite de descanso em torno de 12 horas (FRASER; BROOM, 1997). No entanto, estes horários podem mudar quando há menor oferta de sombra ou quando há redução da oferta de forragem, aumentando a busca por áreas termicamente mais confortáveis ou a seletividade dos animais quanto à qualidade da forragem (SCHÜTZ *et al.*, 2010; NADIN *et al.*, 2019).

Em diferentes regiões tropicais e subtropicais, vários estudos têm demonstrado que diferentes densidades arbóreas na pastagem são capazes de modificar as atividades de ingestão de alimentos, consumo de água, tempo de inatividade e desempenho animal,

permitindo aos animais os momentos mais favoráveis para maximizar a realização dessas atividades (GIRO *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; BERTOGNA *et al.*, 2022; THOMSEN *et al.*, 2024). Nessas regiões, a adoção de sistemas silvipastoris são alternativas benéficas para aumentar a produtividade da pecuária, além de promover aumento de renda por meio da madeira obtida ao final de cada ciclo produtivo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Assim, Oliveira *et al.* (2021) relataram que diferentes densidades arbóreas em SSPs influenciaram o comportamento ingestivo diurno de novilhas nelore em pastagem tropical. O maior tempo de pastejo a pleno sol ocorreu em sistema com menor densidade arbórea (5 árvores ha⁻¹). Com o aumento da densidade arbórea (357 árvores ha⁻¹ e 227 árvores ha⁻¹), as atividades de ruminação e ócio passaram a ser realizadas preferencialmente à sombra. Ademais, durante o período seco, as atividades comportamentais foram realizadas preferencialmente à sombra. Entre os períodos do dia, as novilhas modificaram seus padrões comportamentais, passando a maior parte do tempo pela manhã em ruminação e pastejo à tarde. Em pastagens com alta cobertura vegetal, os animais tiveram menor tempo de pastejo a pleno sol.

Dentre os principais parâmetros de desempenho animal na pecuária de corte, o ganho por área está diretamente relacionado à rentabilidade. A partir disso, no estudo desenvolvido por Oliveira *et al.* (2022) o ganho de peso médio diário foi semelhante entre os sistemas, no entanto, a principal variável que afetou o ganho por área foi a taxa de lotação (SANTOS *et al.*, 2018; DOMICIANO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2021).

A taxa de lotação é influenciada diretamente pela massa de forragem e acúmulo de forragem. Ainda, Oliveira *et al.* (2022) demonstraram que massa de forragem, acúmulo de forragem, taxa de lotação e ganho por área foram consideravelmente reduzidos em SSPs com alta densidade de árvores. Além disso, esses autores ratificaram que, para ocorrer a implementação de um SSP em fazendas comerciais, é necessário que eles gerem resultados financeiros semelhantes ou superior a monocultura de gramíneas. Além disso, é importante observar que o valor nutritivo dos pastos deve ser significativamente melhorado nos SSPs, em comparação a monocultura de gramíneas, o que indica que a MF e AF foram os principais fatores que alteraram o GA em SSPs.

Em relação ao ganho de peso, Domiciano *et al.* (2020) obtiveram maior ganho médio de peso por hectare de Novilhos Nelore em fileira única (90 árvores ha⁻¹) em comparação com a fileira tripla (270 árvores ha⁻¹). Santos *et al.* (2018) avaliaram dois SSPs de fileira dupla com diferentes densidades de árvores (417 árvores ha⁻¹ vs. 715 árvores ha⁻¹), encontrando maior ganho de peso por área de novilhas Nelore no sistema de menor densidade

arbórea. Esse maior ganho de peso por área pode ser explicado devido à área de pastagem ser menor em SSP, mas de pasto de melhor qualidade (PACIULLO *et al.*, 2021).

Furtado *et al.* (2023) reportaram maiores peso corporal final (401,9 kg) e ganho médio diário 0,478 kg animal⁻¹ d⁻¹ de novilhos nelore em pastagem composta por *U. decumbens* Stapf cv. Basilisk e *U. brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandú consorciadas com *Cajanus cajan* (L. Millsp.) cv. BRS Mandarin, comparadas as pastagens degradadas de *Urochloa* spp. e recuperadas com uma mistura destas *Urochloa* spp., adubadas com 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. No entanto, Santos *et al.* (2020) relataram que o ganho por área reduziu em SSP (411 kg PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹), principalmente no SSP-sabiá, quando comparado ao capim-braquiária em monocultivo (508 kg PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹).

No entanto, outros estudos avaliaram respostas reprodutivas e observaram melhor desempenho animal em SSPs. Por exemplo, Lemes *et al.* (2021) avaliaram a taxa de recuperação de oócitos de novilhas de corte e encontro um número maior em SSP (74,3%) em comparação a pastagem sem árvores (65,3%), mas não ocorreu diferença significativa na produção de embriões entre os sistemas de cultivo. Em outro estudo, Martins *et al.* (2021) observaram efeito de estação e dos sistemas nas variáveis reprodutivas avaliadas (folículos totais, oócitos, oócitos viáveis e blastocistos) em vacas Gir lactantes. Os autores observaram maior ($P \leq 0,05$) número de folículos ovarianos (FO) e oócitos viáveis (OV) em vacas criadas no SSP (FO: 37, OV: 6,3), quando comparado a vacas criadas em pasto sem árvores (FO: 31,7, OV: 3,4).

Já no estudo de Bertogna *et al.* (2022) foram observados valores médios superiores para níveis séricos de IGF-I (547 ng mL) e ganho de peso (290 kg) em novilhas nelore criadas em SSP de linhas triplas (135 árvores ha⁻¹), comparado ao SSP de fileira única (509 ng.mL e 288 kg; 90 árvores ha⁻¹) e pastagem sem árvores (476 ng.mL e 279 kg). É importante considerar que o ganho de peso e os níveis séricos de IGF-I são preditores fisiológicos da precocidade sexual bovina. Esses autores ainda sugeriram que a adoção de sistemas integrados produtivos aprimorados podem ser explorados para antecipar a puberdade em novilhas Nelore. Além disso, variáveis de desempenho animal possuem complexidade em estudos devido à necessidade de acompanhar os animais ao longo do tempo. Porém, estudos que avaliem variáveis de desempenho são importantes para entender o potencial econômico do SSP (DE-SOUZA *et al.*, 2023).

Em outro estudo realizado no Nordeste do Brasil, Carvalho *et al.* (2022) não constataram efeito do componente arbóreo no desempenho animal de bovinos mestiços Holandês x Zebu em SSP vs. Monocultura de gramínea. Esses autores justificaram a ausência

de efeito nas variáveis de desempenho animal, devido à idade reduzida das árvores (<2 anos de estabelecimento), as quais promoveram pouca influência nas características do pasto no SSP.

Estudos anteriores (OLIVEIRA *et al.*, 2014; GAMARRA *et al.*, 2017) demonstraram que no terceiro ano após o estabelecimento do pasto, para o primeiro ciclo de rotação (2011-2012), o monocultivo produziu 537 kg PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹, o SSP22 459 PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ e o SSP14 334 PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2014), enquanto no segundo ciclo (2015-2016), Pereira *et al.* (2021) obtiveram em produção inferior, ou seja, 376 PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹, 228 PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ e 118 PC⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ em monocultivo, SSP22 e SSP14, respectivamente. Esses autores ainda atribuíram que uma série de fatores podem ter contribuído para esta redução na produção animal, o crescimento contínuo das árvores pode ter tido um efeito importante, principalmente nos SSPs. A poda e o desbaste das árvores têm sido implementados na tentativa de reduzir a competição e essas práticas são recomendadas na literatura (LIMA *et al.* 2018; PEZZOPANE *et al.* 2019, 2020).

4.2 POTENCIAL DA *MIMOSA CAESALPIINIFOLIA* BENTH. EM SSP: VANTAGENS E LIMITAÇÕES

A leguminosa sabiá (Figura 2) é uma importante espécie arbórea nativa do Nordeste do Brasil, que vem, ao longo dos últimos anos, sendo utilizada em sistemas de produção animal na referida região (COSTA *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022a; PESSOA *et al.*, 2024; SANTOS *et al.*, 2024). Dentre outras características, essa espécie apresenta tolerância à seca (RANGEL *et al.*, 2019), crescimento rápido e ereto e elevado valor comercial da madeira (HERRERA *et al.*, 2021). Apolinário *et al.* (2015) demonstraram potencial de incremento na receita anual da produção total do sistema de U\$ 500-600 ha⁻¹, o que, segundo Dubeux Jr. *et al.* (2017) pode viabilizar economicamente a exploração do SSP na Zona da Mata Seca do estado de Pernambuco.



Figura 2. Espécie arbórea sabiá em sistema silvipastoril no município de Garanhuns-PE, Agreste de Pernambuco.

A respeito das características da madeira, a sabiá apresenta alta resistência físico-mecânica e elevado poder calorífico (DRUMOND *et al.*, 1999), variando de 17,11 a 17,65 MJ.kg⁻¹ MS, tal variação pode ser condicionada pelo diâmetro da planta e também referente à época de avaliação (APOLINÁRIO *et al.*, 2015). Em Pernambuco, Herrera *et al.* (2021) avaliaram as características da madeira da sabiá vs. gliricídia, onde utilizaram variáveis dendrométricas e obtiveram para sabiá valores de 6,0 m de altura, diâmetro à altura do peito de 6,3 cm e diâmetro basal de 7,6 cm, além disso, a sabiá possui maior volume de árvores comparado a gliricídia. Tais características integram um conjunto de variáveis fundamentais para avaliar a qualidade da madeira. Esses autores relataram maior potencial da sabiá para diversificar a renda do produtor por meio da integração de madeira comercializável em SSPs.

Carvalho *et al.* (2022) reportaram maior altura da sabiá em monocultivo vs. SSP (2,8 m vs. 2,4 m, respectivamente), além de relatarem maior diâmetro basal (13,2 cm) após dois anos de implantação dos sistemas. É importante considerar que poucas investigações foram realizadas avaliando a dinâmica de crescimento, produção de forragem e valor nutritivo da sabiá em diferentes sistemas de cultivo; no entanto, é preciso prosseguir com outros estudos avaliando a resposta dessa leguminosa após a fase de estabelecimento, principalmente, porque essa espécie pode desenvolver competição intraespecífica quando cultivada em maiores densidades de plantas.

Ademais, sua exploração pode ser utilizada também como cerca viva, biocombustível, flora apícola, curtimento de couros, purificação de água e tingimento de tecidos (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2017).

Essa planta também pode ser uma alternativa importante em consórcio com *U. decumbens* em SSPs no Brasil (APOLINÁRIO *et al.*, 2015, 2016; COSTA *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2022a,b) por apresentar algumas vantagens (Figura 3), tais como provisionamento de sombra (LIMA *et al.*, 2019), deposição de serrapilheira (HERRERA *et al.*, 2020), elevada ciclagem de nutrientes (APOLINÁRIO *et al.*, 2016), devido às relações simbióticas com bactérias diazotróficas (Figura 3) fixadoras de N (BARROS *et al.*, 2018), apresentando ainda aspectos nutricionais interessantes por fornecer altos níveis de PB na dieta (~18%) (HERRERA *et al.*, 2021), podendo ser consumida diretamente no pasto ou no cocho na forma de feno ou ingrediente de uma ração completa (RANGEL *et al.*, 2019).

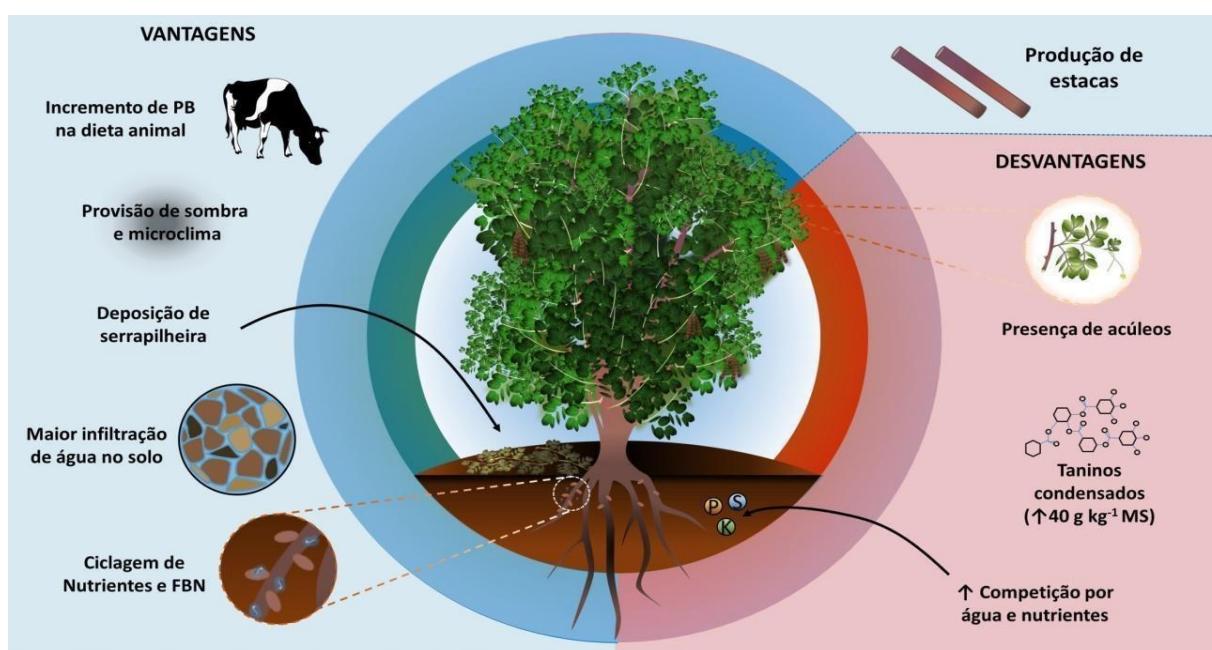


Figura 3. Principais vantagens e desvantagens da utilização de *Mimosa caesalpinifolia* (Benth.) em sistemas silvipastoris no Brasil.

Em relação às vantagens da sabiá (Figura 3) em SSP, essa planta pode fixar via FBN ~163 kg N ha⁻¹ (APOLINÁRIO *et al.*, 2015). Além disso, Lima *et al.* (2018) observaram melhorias nos atributos físicos do solo com a inserção da sabiá em SSP com braquiária, em que a infiltração de água no solo foi de 336 mm h⁻¹, 44% maior do que no monocultivo do capim-braquiária. Apolinário *et al.* (2016) observaram deposição de serrapilheira de sabiá entre 0,4 a 2,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Ainda sobre biomassa aérea e serrapilheira da sabiá, Apolinário *et al.* (2015) observaram que a produção de biomassa aérea na estação chuvosa dobrou de 25 para 50 Mg ha⁻¹; deste quantitativo, caules e galhos mais grossos (>2,86 cm de diâmetro) representaram 54% dessa biomassa, enquanto as folhas representaram a menor proporção, variando de 4 a

14%, com reduções ocorrendo apenas no período seco. As folhas de sabiá representam até 87% da serrapilheira depositada no solo (FREIRE *et al.*, 2010). A deposição de serrapilheira na estação seca é comumente observada em vegetação decídua, como mecanismo de adaptação à seca (PESSOA *et al.*, 2024).

No aspecto nutricional, esta leguminosa pode ser utilizada como forrageira, por apresentar elevado teor proteico, com variações no teor de PB em suas folhas de 180 a 247 g kg⁻¹ (APOLINÁRIO *et al.*, 2015; HERRERA *et al.*, 2021). Esses valores de PB possibilitam que também seja utilizada como suplemento alimentar em períodos de estiagem (VIEIRA *et al.*, 2005). Seus teores de matéria seca e lignina são elevados, quando utilizada em sistemas consorciados foi obtido 427 g kg⁻¹ e 233 g kg⁻¹, respectivamente (HERRERA *et al.*, 2020), tais resultados podem ser influenciados pelo processo caducifólio da sabiá, quando ocorrem a perda das suas folhas durante a estação seca (CASTRO FILHO *et al.*, 2016).

Dentre as limitações dessa planta em SSPs (Figura 3), no aspecto produtivo, a competição por água, nutrientes e luz com o componente herbáceo é elevada, o sombreamento e a competição causada pelas árvores em SSPs influencia na redução da massa de forragem do capim-braquiária nesse SSP (SILVA *et al.*, 2021a), isso provavelmente ocorreu devido a menor distância (15 m) entre as filas das árvores e maior densidade arbórea (2.500 árvores ha⁻¹).

Outras limitações estão associadas à sua morfologia com a presença de acúleos (Figura 3) em seus ramos, variando de totalmente ausente até muito acúleos (LIMA *et al.*, 2008), dificulta a apreensão e, posteriormente, o consumo pelos animais. Além disso, as consideráveis concentrações de compostos antinutricionais (ALVES *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2021), como a presença de taninos condensados em suas folhas. A maior concentração de compostos secundários a $\leq 1,5$ m de altura tem sido relatada como possível estratégia de defesa da planta contra a herbivoria. Alguns estudos, como o de Santos *et al.* (2017), observaram que a sabiá é uma das espécies forrageiras do semiárido brasileiro que apresenta maior conteúdo de taninos condensados totais (48 g kg⁻¹ MS), podendo variar conforme seu estágio fenológico (GUIMARÃES BEELEN *et al.*, 2006).

Os taninos condensados são polímeros de compostos fenólicos originados do metabolismo secundário das plantas (ADDISU, 2016; MUELLER-HARVEY *et al.*, 2019). Estão frequentemente presentes em leguminosas tropicais e podem se ligar aos componentes da parede celular vegetal, formando unidades complexas indigestíveis, consequentemente, inibindo a ação de algumas enzimas bacterianas e causando alterações na população microbiana do rúmen (ALVES *et al.*, 2011; ROCA-FERNÁNDEZ *et al.*, 2020).

Em outros estudos, como o de Pereira *et al.* (2018), foram obtidos 124 g kg⁻¹ MS de taninos condensados totais em folhas de *M. caesalpinifolia*, no estado do Rio de Janeiro. A literatura reporta variação dessa concentração de taninos condensados nas folhas sabiá entre 48 a 124 g kg⁻¹ MS (SANTOS *et al.*, 2017; AZEVEDO *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2018). No entanto, já existem estudos que demonstram impactos positivos dos taninos na produção e saúde animal, tais como inibir, por ação bactericida ou bacteriostática, o crescimento ou atividade de *Archea* metanogênica, possivelmente por ligação a proteínas e enzimas celulares microbianas (TAVENDALE *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2016), além de desempenharem papéis importantes na nutrição de ruminantes por aumentar a absorção de aminoácidos vegetais no intestino delgado (proteína *bypass*).

Ainda, os taninos podem inibir e reduzir parasitas gastrointestinais e alguns protozoários que pode contribuir na mitigação da metanogênese ruminal por afetar diretamente o grupo de bactérias *Archaea* metanogênicas (GERBER *et al.*, 2013), melhorando a eficiência energética, além de alterar a rota de eliminação do nitrogênio da urina para as fezes, proporcionando menos efeitos negativos sobre o meio ambiente (NAUMANN *et al.*, 2014) mediante redução das emissões diárias de CH₄ e amônia em pastagens consorciadas com leguminosas (MUELLER-HARVEY *et al.*, 2019; ROCA-FERNÁNDEZ *et al.*, 2020; HOMEM *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

ABIEC Perfil da pecuária no Brasil. (2019) In: **Beef Rep.** <http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>.

ABDALLA, M. *et al.* Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 253, p. 62-81, 2018.

ABREU, L. H. G. *et al.* Variation in soil carbon, nitrogen and microbial attributes within a silvopastoral system in Brazilian cerrado. **Agroforestry Systems**, v.96, n.6, pp.1-11, 2020.

ADDISU, S. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. **Online Journal Animal Feed Research**, v. 6, n. 2, p. 45-56, 2016.

ÁLVAREZ, F. *et al.* The effect of different levels of tree cover on milk production in dual-purpose livestock systems in the humid tropics of the Colombian Amazon region. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 93-102, 2021.

ALVES, L. A. *et al.* Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern

Brazil. **Geoderma**, v. 351, p. 197-208, 2019.

ALVES, A. R. *et al.* Consumo e digestibilidade do feno de sabiá por caprinos e ovinos suplementados com polietilenoglicol. **Revista Caatinga**, v.24, p.152-157, 2011.

ANDRADE, E. A. *et al.* Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1684-1688, 2016.

APOLINÁRIO, V. X. O. *et al.* Tree Legumes Provide Marketable Wood and Add Nitrogen in Warm-Climate Silvopasture Systems. **Agronomy Journal**, v.107, p.1915-1921, 2015.

APOLINÁRIO, V. X. O. *et al.* Decomposition of arboreal legume fractions in a silvopastoral system. **Crop Science**, v. 56, n. 3, p. 1356-1363, 2016.

AMORIM, H. C. S *et al.* Temperate silvopastures provide greater ecosystem services than conventional pasture systems. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 18658, 2023.

ANDERSON, C. R. *et al.* **Agroecology now!:** Transformations towards more just and sustainable food systems. Springer Nature, 2021.

ARYAL, D. R. *et al.* Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 16769, 2022.

AZEVEDO, T. K. B. *et al.* Substâncias tânicas presentes em partes da árvore sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) em plantio comercial de 5 anos. **Revista Agroecossistemas**, v. 2, pág. 263-274, 2018.

BANSAL, S.; CHAKRABORTY, P.; KUMAR, S. Crop–livestock integration enhanced soil aggregate-associated carbon and nitrogen, and phospholipid fatty acid. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2022.

BARDGETT, R. D. *et al.* Combatting global grassland degradation. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 2, n. 10, p. 720-735, 2021.

BARROS, F. M. R. *et al.* Silvopastoral systems drive the nitrogen-cycling bacterial community in soil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 281-290, 2018.

BEILLOUIN, D. *et al.* Impact of extreme weather conditions on European crop production in 2018. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 375, n. 1810, p. 20190510, 2020.

BERTOONA, K. F. *et al.* Parameters associated with sexual precocity of Nelore heifers in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 96, p. 669-679, 2022.

BERNARDI, C. M. M. *et al.* Eucalyptus planted forests silvipastoral systems and the impact of animal component input. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.5, pp.125-132, 2014.

BENTO, G. P. *et al.* Sistemas silvipastoris no Brasil: uma revisão sistemática. **Research**,

Society and Development, v. 9, n. 10, p. e7019109016-e7019109016, 2020.

BRAGA, G. J. *et al.* Herbage yield in Signalgrass pastures as affected by grazing management. **South African Journal of Animal Science**, v. 39, n. sup-1, p. 130-132, 2009.

BOURSCHEIDT, M. L. B. *et al.* Nitrogen input strategies in pastures: mineral fertilizer, bacterial inoculant and consortium with forage peanuts. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 137-147, 2019.

BOURSCHEIDT, M. L. B. *et al.* Highlighting the benefits of biological nitrogen fixation on agronomic, physiological, and nutritive value traits of brachiariagrass. **European Journal of Agronomy**, v. 143, p. 126730, 2023.

BYRNES, R. C. *et al.* A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. **Journal of Environmental Quality**, v. 47, n. 4, p. 758-765, 2018.

BURGESS, A. J.; CANO, M. E. C.; PARKES, B. The deployment of intercropping and agroforestry as adaptation to climate change. **Crop and Environment**, v. 1, n. 2, p. 145-160, 2022.

BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic change**, v. 115, p. 559-577, 2012.

CÁ, J. *et al.* C and N stocks in silvopastoral systems with high and low tree diversity: Evidence from a twenty-two year old field study. **Science of the Total Environment**, v. 833, p. 155298, 2022.

CARDOSO, A. S. *et al.* Seasonal effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions for beef cattle excreta and urea fertilizer applied to a tropical pasture. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104341, 2019.

CARDOSO, A. S. *et al.* Intensification: a key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. **Sustainability**, v.12, p.6656, 2020.

CARDOSO, E. D. *et al.* Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 21–37, 2014.

CARVALHO, C. B. M. *et al.* Initial growth and survival of *Eucalyptus* spp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems and their impact on herbage accumulation of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 7, p. 1053-1064, 2022a.

CARVALHO, C. B. M. *et al.* Nutritive value of *Urochloa decumbens* Stapf R. D. Webster and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. and performance of cattle in monoculture and silvopastoral systems, in the Agreste region of Pernambuco. **Tropical Animal Health and Production**, v.54, p.246-254, 2022b.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Animal production and soil characteristics from integrated crop-

livestock systems: toward sustainable intensification. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 8, p. 3513-3525, 2018.

CARVALHO, P. *et al.* Forage and animal production on palisadegrass pastures growing in monoculture or as a component of integrated crop–livestock–forestry systems. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 4, p. 650-660, 2019.

CASTRO, C. R. T. *et al.* Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19-25, 2010.

CASTRO FILHO, E.S. *et al.* Dry matter yield and bromatological composition of *Gliricidia* in different crop densities. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1038–1043, 2016.

CHATURVEDI, O.P. *et al.* Agroforestry potential for higher productivity from degraded ravine watersheds. **Ravine lands: Greening for livelihood and environmental security**, p. 335-360, 2018.

CHAVEZ, E. *et al.* An end-to-end assessment of extreme weather impacts on food security. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 11, p. 997-1001, 2015.

CHEN, C. *et al.* Effects of rubber-based agroforestry systems on soil aggregation and associated soil organic carbon: Implications for land use. **Geoderma**, v.299, pp.13-24, 2017.

CHENG, M.; MCCARL, B.; FEI, C. Climate change and livestock production: a literature review. **Atmosphere**, v. 13, n. 1, p. 140, 2022.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M. *et al.* Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. na Zona da Mata de Pernambuco. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.391-402, 2008.

CORRÊA, C. T. R. *et al.* GISH-based comparative genomic analysis in *Urochloa P. Beauv.* **Molecular Biology Reports**, v.47, p.887-896, 2020.

COSTA, S. B. M. *et al.* Livestock performance in warm-climate silvopastures using tree legumes. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2026-2035, 2016.

COSTA, S. B. M. *et al.* Proportion and digestibility of tree legumes in diets of grazing cattle in a tropical silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 252, p. 104689, 2021.

DE-SOUSA, K. T. *et al.* Effects of tree arrangements of silvopasture system on behaviour and performance of cattle: a systematic review. **Annals of Animal Science**, 2023.

DEINUM, B. *et al.* Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 44, n. 2, p. 111-124, 1996.

DINIZ, W. P. S. *et al.* Yield and nutritive value of *Stylosanthes* spp. genotypes subjected to different harvest frequencies and seasons of the year. **The Journal of Agricultural Science**, p. 1-9, 2024.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Tree legumes: An underexploited resource in warm-climatesilvopastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, p.689-703, 2017.

DOMICIANO, L. F. *et al.* Agroforestry systems: an alternative to intensify forage-based livestock in the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1839-1849, 2020.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. L.; LIMA, M. F. *Mimosa caesalpinifolia*: estudos de melhoramento genético realizados pela Embrapa Semi-árido. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (Eds). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro** (on line). Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html>> Acesso em: 18 ago. 2023.

DUMONT, B. *et al.* A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: Specificities of mountain and Mediterranean areas. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 239-254, 2015.

EUCLIDES, V. P. B. *et al.* Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1937, 2022.

FERNANDEZ, D. P. *et al.* Biogeochemical and ecological impacts of livestock grazing in semi-arid southeastern Utah, USA. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 5, p. 777-791, 2008.

FORD, M. M. *et al.* Impact of managed woodland grazing on forage quantity, quality and livestock performance: the potential for silvopasture in Central Minnesota, USA. **Agroforestry systems**, v. 93, p. 67-79, 2019.

FURTADO, A. J. *et al.* Pigeon Pea Intercropped with Tropical Pasture as a Mitigation Strategy for Enteric Methane Emissions of Nellore Steers. **Animals**, v. 13, n. 8, p. 1323, 2023.

FRASER, A. F.; BROOM, D.M. *et al.* **Farm animal behaviour and welfare**. CAB international, 1997.

FREIRE, J. L. *et al.* Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1650-1658, 2010.

FRANK, D. A. *et al.* Consumer control of grassland plant production. **Ecology**, v. 83, n. 3, p. 602-606, 2002.

GAMA, T. C. M. *et al.* Recuperação de pasto de capim-braquiária com correção e adubação de solo e estabelecimento de leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 635-647, 2013.

GAMARRA, É. L. *et al.* Beef cattle production in established integrated systems. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 5, p. 3241-3251, 2017.

GARNETT, T. *et al.* **Grazed and confused?:** ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question-and what it all means for greenhouse gas emissions. FCRN, 2017.

GLATZLE, S. *et al.* Seasonal dynamics of soil moisture in an integrated-crop-livestock-forestry system in Central-West Brazil. **Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 245, 2021.

GLATZLE, S. *et al.* Integrated Land-Use Systems Contribute to Restoring Water Cycles in the Brazilian Cerrado Biome. **Land**, v. 13, n. 2, p. 221, 2024.

GERBER, P. J. *et al.* Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. **Animal**, v. 7, n. s2, p. 220-234, 2013.

GEREMIA, E. V. *et al.* Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GIRO, A. *et al.* Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. **Science of the Total Environment**, v. 684, p. 587-596, 2019.

GLOBAL SOIL PARTNERSHIP. (2017). **Endorses guidelines on sustainable soil management**. Disponível em: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/416516/> (Acesso em: 15 Ago., 2023).

GOMES, F.J. *et al.* Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisadegrass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 126029, 2020.

GUIMÃRES-BEELLEN, P. M. *et al.* Characterization of condensed tannins from native legumes of the Brazilian northeastern semi-arid. **Scientia Agricola**, v.63, p.522-528, 2006.

GOMES, F. J. *et al.* Shading effects on marandu palisadegrass in a silvopastoral system: plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; BRAVO GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 3, p. 395-407, 2013.

HERRERA, A. M. *et al.* Decomposition of senescent leaves of signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster) and arboreal vegetables in silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**.v.94, pp.2213-2224, 2020.

HERRERA, A. M. *et al.* Potential of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster]. **Agroforestry Systems**, 2021.

HERRERA, A. M. *et al.* Soil fertility in silvopastoral systems integrating tree legumes with signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster). **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 31, n. 4, p. 287-298, 2023.

HOMEM, B.G.C *et al.* N-fertiliser application or legume integration enhances N cycling in tropical pastures. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 121, n. 2-3, p. 167-190, 2021.

HUGHES, M.P. *et al.* Exploring seasonal variations in sward characteristics and nutritive value of tropical pastures grazed by beef and dairy cattle on commercial farms in Jamaica. **Journal of Animal Science Advances**, v. 1, p. 47-60, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA—Sistema IBGE de Recuperação Automática: Censo Agropecuário. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2021>, Acesso em: 10 Abr. 2023.

IZIDRO, J. L. P. S. *et al.* The association of mulch cover and organic fertilization improves the agronomic performance of millet under rainfed cultivation in a semi-arid environment. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3189-3203, 2023.

JINGER, D.; KAKADE, V. D. Land degradation and its management through soil and water conservation measure on arable land. **Kerala Karshakan**, v. 7, n. 5, p. 12-20, 2019.

JOSE, S.; DOLLINGER, J. Silvopasture: a sustainable livestock production system. **Agroforestry systems**, v. 93, p. 1-9, 2019.

KARKI, S. *et al.* Comparative assessment of soil health indicators in response to woodland and silvopasture land use systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 227-240, 2021.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v. 33, n. 4, p. 831-837, 1993.

KIM, D.; ISAAC, M. E. Nitrogen dynamics in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 4, p. 60, 2022.

KUMAR, R. V. *et al.* Silvopasture systems for restoration of degraded lands in a semiarid region of India. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 15, p. 2843-2854, 2022.

KUMAR, M.; KUMAR, A. Estimation of biomass and carbon storage potential in agroforestry systems of north western Himalayas, India. **Catena**, v. 225, p. 107009, 2023.

LAPIG. **Mapping Data of Brazilian Pasture Quality Between 2000 and 2020** (in Portuguese), Atlas das Pastagens, UFG, Goiânia (2022).

LARA, M. A. S *et al.* Seasonal herbage accumulation and canopy characteristics of novel and standard brachiariagrasses under N fertilization and irrigation in southeastern Brazil. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 1468-1477, 2021.

LEMAIRE, G. *et al.* Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, v. 64, n. 4, p. 341-353, 2009.

LEE, M. A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of Plant Research**, v. 131, p. 641-654, 2018.

LEMES, A. P. *et al.* Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 14092, 2021.

LIRA JUNIOR, M. A. L. *et al.* Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment. **Catena**, v. 189, p. 104508, 2020.

LIMA, I. C. A. R.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L. Avaliação de sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) quanto a acúleos e preferência por bovinos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.289-294, 2008.

LIMA M.A. *et al.* Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v.74, p.160-170, 2018.

LIMA, M. A. *et al.* Evaluation of a long-established silvopastoral *Brachiaria decumbens* system: plant characteristics and feeding value for cattle. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 9, p. 814-825, 2019.

LOPES, C. M. *et al.* Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 225-233, 2017.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. C. *et al.* Carbon storage and sequestration rates in *Leucaena leucocephala* based silvopasture in Southern Mexico. **Agroforestry Systems**, p. 1-17, 2023.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P.G.G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 415-422, 2010.

MACHADO, V. D. *et al.* Grazing management strategies for *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster in a silvopastoral system under rotational stocking. **Grass and Forage Science**, v.75, p.266-278, 2020.

MAIA, N. J. C. *et al.* Integrated crop-livestock versus conventional systems: use of soil indicators to detect short-term changes during seasonal variation. **Bragantia**, v. 80, p. e5821, 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Política Agrícola Projeções do agronegócio: Brasil 2021/22 a 2031/32 Projeções de Longo Prazo (2022).

MARTINS, C.F. *et al.* Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Livestock Science**, v. 244, p. 104341, 2021.

MELLO, A.C.L. *et al.* Pasture characteristics and animal performance in a silvopastoral system with *Brachiaria decumbens*, *Gliricidia sepium* and *Mimosa caesalpiniiifolia*. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 1, p. 85–87, 2014.

MELO, C.D. *et al.* Influence of climate variability and soil fertility on the forage quality and productivity in Azorean pastures. **Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 358, 2022.

MONTEIRO, A. *et al.* Crop-livestock-forestry systems as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions and enhancing the sustainability of forage-based livestock systems in the Amazon biome. **Science of the Total Environment**, v. 906, p. 167396, 2024.

MOURA, O. N. *et al.* Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 30, p. 877-884, 2006.

MORALES RUIZ, D. E. *et al.* Carbon contents and fine root production in tropical silvopastoral systems. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 2, p. 738-756, 2021.

MORENO-GALVÁN, A. E. *et al.* Long-term implementation of a silvopastoral system enhances soil P availability and bacterial diversity. **Geoderma**, v. 433, p. 116458, 2023.

MUELLER-HARVEY, I. *et al.* Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition. **Crop Science**, v. 59, n. 3, p. 861-885, 2019.

NADIN, L. *et al.* Effect of sward height on short-term intake by steers grazing winter oat pastures. **Livestock Science**, v. 225, p. 8-14, 2019.

NASCIMENTO, H. L. B. *et al.* Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p. 384-394, 2019.

NASCIMENTO, H. L. B. *et al.* Herbage accumulation, canopy structure and tiller morphology of marandu palisadegrass growing in open pasture and in silvopasture. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 339-352, 2021.

NAUMANN, H.D. *et al.* Molecular weight and protein-precipitating ability of condensed tannins from warm-season perennial legumes. **Journal of Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 212-219, 2014.

NEEL, J.P.S. *et al.* Open pasture, silvopasture and sward herbage maturity effects on nutritive value and fermentation characteristics of cool-season pasture. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 2, p. 259-269, 2016.

NICODEMO, M. L. Franceschi *et al.* Growth of native trees in two agroforestry systems. **Revista Árvore**, v. 40, p. 639-648, 2016.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with *Eucalyptus* and *Urochloa*: Systematic review and meta-analysis. **Livestock Science**, v. 262, p. 104973, 2022.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* Effects of shading on tropical grass characteristics and cattle performance in silvopastoral systems: systematic review and meta-analysis. **Animal Production Science**, v. 262, p. 104973, 2023.

OLIVEIRA, C. C. *et al.* Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, p. 167-172, 2014.

OLIVEIRA, C. C. *et al.* Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. **Applied Animal**

Behaviour Science, v. 240, p. 105360, 2021.

OSEWOLD, J. *et al.* Support trees in vanilla agroforests of Madagascar: diversity, composition and origin. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 4, p. 717-730, 2022.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Pasture and animal production in silvopastoral and open pasture systems managed with crossbred dairy heifers. **Livestock Science**, v. 245, p. 104426, 2021.

PARENTE, L. *et al.* Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, p. 111301, 2019.

PEDREIRA, C. G. S.; BRAGA, G. J.; PORTELA, J. N. Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 1, p. 62-73, 2017.

PEREIRA, M. *et al.* Beef cattle production on Piatã grass pastures in silvopastoral systems. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2021.

PEREIRA, M. G. *et al.* Production potential and quality of *Panicum maximum* cultivars established in a semi-arid environment. **Tropical Animal Science Journal**, v. 45, n. 3, p. 308-318, 2022.

PEREIRA, T. P. *et al.* Characterization and biological activity of condensed tannins from tropical forage legumes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, p.1070-1077, 2018.

PEROVIĆ, V. *et al.* Major drivers of land degradation risk in Western Serbia: Current trends and future scenarios. **Ecological Indicators**, v. 123, p. 107377, 2021.

PESSOA, D. V. *et al.* Litter Deposition and Decomposition in a Tropical Grass-Legume Silvopastoral System. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-15, 2024.

PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 93, p. 39-49, 2019.

PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Reducing competition in a crop–livestock–forest integrated system by thinning eucalyptus trees. **Experimental Agriculture**, v. 56, n. 4, p. 574-586, 2020.

POLANÍA-HINCAPIÉ, K. L. *et al.* Soil physical quality responses to silvopastoral implementation in Colombian Amazon. **Geoderma**, v. 386, p. 114900, 2021.

POLIDORO, J. C. *et al.* Potential impact of plans and policies based on the principles of conservation agriculture on the control of soil erosion in Brazil. **Land Degradation &**

Development, v. 32, n. 12, p. 3457-3468, 2021.

PORTELA, J.N.; PEDREIRA, C.G.S.; BRAGA, G.J. Demografia e densidade de perfilhos de capim-braquiária sob pastejo em lotação intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 315-322, 2011.

POUDEL, S. *et al.* Conversion of open pasture to hardwood silvopasture enhanced soil health of an ultisol. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 8, p. 1237-1247, 2022.

RABÊLO, F.H.S. *et al.* Role of nodes in accumulation and distribution of cadmium and its relationship with nutrient distribution and photosynthesis in the growth and regrowth of *Brachiaria decumbens*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 195, p. 104794, 2022.

RADRIZZANI, A. *et al.* Soil organic carbon and total nitrogen under *Leucaena leucocephala* pastures in Queensland. **Crop and Pasture Science**, v. 62, n. 4, p. 337-345, 2011.

RAO, I.M. *et al.* Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C₄ grasses and C₃ legumes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 10, p. 2135-2155, 1995.

RAJ, A. *et al.* (Ed.). **Climate change and agroforestry systems: adaptation and mitigation strategies**. CRC Press, 2020.

RAMAKRISHNAN, S. *et al.* Silvopastoral system for resilience of key soil health indicators in semi-arid environment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 13, p. 1834-1847, 2021.

RANGEL, J. H. A. *et al.* *Gliricidia sepium*: a promising legume tree for the Brazilian Semiarid zone. **The International Legume Society**, v.1, p. 36-38, 2019.

RAY, D.K. *et al.* Recent patterns of crop yield growth and stagnation. **Nature communications**, v. 3, n. 1, p. 1293, 2012.

ROCA-FERNÁNDEZ, A. I. *et al.* Ruminant fermentation and enteric methane production of legumes containing condensed tannins fed in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 8, p. 7028-7038, 2020.

RUGGIERI, A. C. *et al.* Grazing Intensity impacts on herbage mass, sward structure, greenhouse gas emissions, and animal performance: analysis of brachiaria Pastureland. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1750, 2020.

SALES-SILVA, T. B. *et al.* Does the presence of tall or dwarf elephant grass genotypes change the nutritive value of butterfly pea in grass–legume intercrops?. **African Journal of Range & Forage Science**, p. 1-10, 2023.

SANTOS, A. M. G. *et al.* Animal performance in grass monoculture or silvopastures using tree legumes. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 615-626, 2020.

SANTOS, C. A. *et al.* Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus

cultivars. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 169-182, 2023.

SANTOS, C.O. *et al.* Livestock intensification and environmental sustainability: An analysis based on pasture management scenarios in the Brazilian savanna. **Journal of Environmental Management**, v. 355, p. 120473, 2024.

SANTOS, A. M. G. *et al.* The distance from tree legumes in silvopastoral systems modifies the litter in grass-composed pastures. **The Journal of Agricultural Science**, p. 1-32, 2024.

SANTOS, D.C. *et al.* Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.266, p.174-180, 2018.

SANTOS, D.C. *et al.* Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016.

SANTOS, K.C. *et al.* Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Livestock Science**, v.195, p.118-124, 2017.

SANTOS, M.S.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Outstanding impact of *Azospirillum brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.

SCHWERTNER, J.J.G. *et al.* Desempenho dos principais estados brasileiros exportadores de carne bovina (2000-2020). **SINERGIA-Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis**, v. 26, n. 2, p. 27-45, 2022.

SCHILS, R.L.M. *et al.* Permanent grasslands in Europe: Land use change and intensification decrease their multifunctionality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 330, p. 107891, 2022.

SCHÜTZ, K.E. *et al.* The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 125-133, 2010.

SIEGWART, L. *et al.* Carbon and nutrient colimitations control the microbial response to fresh organic carbon inputs in soil at different depths. **Geoderma**, v. 440, p. 116729, 2023.

SILVA, F.S. *et al.* Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1891-1902, 2020.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358-369, 2021a.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree canopy management affects dynamics of herbaceous vegetation and soil moisture in silvopasture systems using arboreal legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1509, 2021b.

SILVA, P.H.F. *et al.* Radiation use efficiency and canopy structure of contrasting elephant grass varieties grown as monocrops and intercrops with butterfly pea. **The Journal of Agricultural Science**, v. 161, n. 1, p. 88-96, 2023.

SERRÃO, E.A.S.; SIMÃO NETO, M. **Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germain et Everard.** 1971.

SLOAT, L.L. *et al.* Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 214-218, 2018.

SIMÕES, V.J.L.P. *et al.* Physical-hydric attributes and soil CO₂ efflux in pastoral systems in a Brazilian semi-arid environment. **Agroforestry Systems**, p. 1-13, 2023.

SOUZA, W.F. *et al.* Mitigation of enteric methane emissions through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs between animal performance and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, v. 213, p. 968-975, 2019.

STABILE, M.C.C. *et al.* Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. **Land Use Policy**, v. 91, p. 104362, 2020.

TAVENDALE, M.H. *et al.* The effects of condensed tannins from *Dorycnium rectum* on skatole and indole ruminal biogenesis for grazing sheep. **Australian journal of agricultural research**, v. 56, n. 12, p. 1331-1337, 2005.

VIEIRA, E.L. *et al.* Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1505-1511, 2005.

VIEIRA JUNIOR, N.A. *et al.* Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 403-416, 2019.

VIEIRA JUNIOR, N.A. *et al.* Understanding the arrangement of Eucalyptus-Marandu palisade grass silvopastoral systems in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 196, p. 103316, 2022.

ZIMMER, A.H., EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9, 1988, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1988. p.141-184.

ZHAO, G. *et al.* Effects of 2, 4-epibrassinolide on photosynthesis and Rubisco activase gene expression in *Triticum aestivum* L. seedlings under a combination of drought and heat stress. **Plant Growth Regulation**, v. 81, p. 377-384, 2017.

ZUBIETA, Á.S. *et al.* Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems?. **Science of the Total Environment**, v. 754, p. 142029, 2021.

CAPÍTULO 2

Características estruturais e produtivas de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.Webster em monocultivo e sistema silvipastoril

RESUMO

A variabilidade das condições climáticas ao longo da estação de pastejo pode limitar a quantidade e qualidade da forragem produzida e prejudicar o desempenho animal em sistemas pecuários dependentes de pastagens. Objetivou-se avaliar características produtivas e estruturais de *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster sob pastejo em monocultivo da gramínea e em sistema silvipastoril (SSP), no Agreste Meridional de Pernambuco, região de clima tropical subúmido. Os tratamentos foram distribuídos sob delineamento em blocos casualizados, com três repetições e consistiram de: (i) capim-braquiária em monocultivo e (ii) SSP formado por capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) + sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), em duas estações de pastejo (agosto/2020 a julho/2021 e outubro/2021 a setembro/2022). O pastejo foi realizado por bovinos com peso médio de 186 ± 26 kg PC⁻¹. As variáveis respostas incluíram altura de planta, massa de forragem seca verde e total, densidade de forragem, proporções de folha, colmo e material senescente, acúmulo de forragem, taxa de acúmulo de forragem e produção total de forragem. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) do sistema de cultivo sobre características estruturais e produtivas do capim-braquiária. Na primeira estação de pastejo, a maior altura do dossel (54 cm) e massa de forragem total (6.473 kg MS ha⁻¹) ocorreram no período seco. A relação folha:colmo foi 214% maior na época chuvosa, quando comparada à seca da primeira estação de pastejo (2,2 vs. 0,7). A maior proporção de folhas (29%) ocorreu na segunda estação de pastejo. A menor densidade de forragem ocorreu no período chuvoso da segunda estação de pastejo (83 kg cm⁻¹ ha⁻¹), em relação ao período seco (119 kg MS ha⁻¹). O acúmulo de forragem (515 kg MS ha⁻¹ 28 d⁻¹) e a taxa de acúmulo de forragem (18 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹) foram superiores no período chuvoso. A maior produção de forragem total (PFT) (4.583 kg MS ha⁻¹) ocorreu na EP 2020/2021 em relação a PFT de 2.508 kg MS ha⁻¹ obtida na EP 2021/2022. O SSP com filas duplas espaçadas em 25 m e densidade arbórea de 600 plantas ha⁻¹ após quatro anos do estabelecimento das árvores não comprometeu a estrutura e a produtividade do pasto de capim-braquiária. A leguminosa *Mimosa caesalpinifolia* apresenta potencial de utilização como componente arbóreo em SSP com capim-braquiária.

Palavras-chave: Acúmulo de forragem; Capim-braquiária; Massa de forragem; Relação folha:colmo; Sabiá.

ABSTRACT

Variability in climatic conditions throughout the grazing season can limit the quantity and quality of forage produced and harm animal performance in pasture-dependent livestock systems. The objective was to evaluate the productive and structural characteristics of *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster under monoculture grazing of the grass and in a silvopastoral system (SSP), in the southern Agreste of Pernambuco, a region with a sub-humid tropical climate. The treatments were distributed under a randomized block design, with three repetitions and consisted of: (i) signal grass in monoculture and (ii) SSP formed by signal grass (*Urochloa decumbens*) + *M. caesalpinifolia* (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), in two grazing seasons (August/2020 to July/2021 and October/2021 to September/2022). Grazing was carried out by cattle with an average weight of 186 ± 26 kg BW⁻¹. Response variables included plant height, green and total dry forage mass, forage density, proportions of leaf, stem and senescent material, forage accumulation, forage accumulation rate, and total forage production. There was no significant effect ($P > 0.05$) of the cultivation system on the structural and productive characteristics of signal grass. In the first grazing season (GS), the greatest canopy height (54 cm) and total forage mass (6,473 kg DM ha⁻¹) occurred in the dry period. The leaf:stem ratio was 214% higher in the rainy season, when compared to the dry season of the first grazing season (2.2 vs. 0.7). The highest proportion of leaves (29%) occurred in the second grazing season. The lowest forage density occurred in the rainy period of the second grazing season (83 kg cm⁻¹ ha⁻¹), compared to the dry period (119 kg DM ha⁻¹). Forage accumulation (515 kg DM ha⁻¹ 28 d⁻¹) and forage accumulation rate (18 kg DM ha⁻¹ day⁻¹) were higher in the rainy season. The highest total forage production (TFP) (4,583 kg DM ha⁻¹) occurred in GS 2020/2021 compared to the TFP of 2,508 kg DM ha⁻¹ obtained in GS 2021/2022. The SPS with double rows spaced 25 m apart and tree density of 600 plants ha⁻¹ after four years of tree establishment did not compromise the structure and productivity of the signal grass pasture. The legume *Mimosa caesalpinifolia* has potential for use as a tree component in SPS with signalgrass.

Keywords: Forage accumulation; Forage mass; Leaf:stem ratio; Signal grass; *M. caesalpinifolia*.

1 INTRODUÇÃO

A sazonalidade da produção de forragem em países tropicais ocorre devido à variabilidade das condições climáticas ao longo do ano, ocasionando redução da quantidade e qualidade da forragem e, conseqüentemente, do desempenho animal (SOUZA *et al.*, 2021; TLAHIG *et al.*, 2024). No Brasil, o gênero *Urochloa* spp. ocupa cerca de 138 milhões de hectares (CORRÊA *et al.*, 2020). A espécie *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster é amplamente cultivada por sua elevada persistência, produtividade, tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade, e adaptabilidade às mais variadas condições edafoclimáticas brasileiras (MACHADO *et al.*, 2020; LARA *et al.*, 2021).

A *U. decumbens* tem sido bastante utilizada em sistemas extensivos, situação em que, geralmente, o aumento da produção é obtido por meio da expansão de áreas, com menor esforço para aumentar a produção por área. Outro ponto relevante é a ausência ou reduzida suplementação dos animais a pasto que, quando associado ao manejo inadequado dos pastos, sobretudo pela aplicação de taxas de lotação acima da capacidade de suporte e reduzida reposição de nutrientes ao solo, promovem a elevação do risco de degradação dos mesmos e, conseqüentemente, prejudica cada vez mais o desempenho animal nas pastagens, sobretudo em pastos de monocultivos. Estima-se que 50 a 70% das pastagens brasileiras estão em diferentes estágios de degradação, principalmente em decorrência do estabelecimento deficiente e manejo inadequado dos pastos (LAPIG, 2022).

O setor agropecuário tem sido desafiado ao longo dos anos a recorrer a novas tecnologias ou outras práticas agronômicas para maximizar a produção de gramíneas, pela associação da adubação orgânica e cobertura morta (IZIDRO *et al.*, 2023), consorciação entre culturas e cobertura morta (ARAÚJO JÚNIOR *et al.*, 2023), principalmente gramínea com leguminosas (CARVALHO *et al.*, 2022a; MONTEIRO *et al.*, 2024; SANTOS *et al.*, 2024) na tentativa de estabelecer sistemas produtivos capazes de manter ou melhorar o meio ambiente, a partir da intensificação sustentável (DUBEUX JR *et al.*, 2017).

Buscando esses objetivos, vários estudos (KUMAR *et al.*, 2022; SIMÕES *et al.*, 2023; MORENO-GALVÁN *et al.*, 2023; MONTEIRO *et al.*, 2024) vêm focando, ao longo dos anos, a exploração de sistemas agroflorestais (SAFs). Atualmente, destacam-se os sistemas silvipastoris (SSPs) (HERRERA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2022 a,b; SANTOS *et al.*, 2023; PESSOA *et al.*, 2024; SANTOS *et al.*, 2024), modalidade de SAF que se apresenta como alternativa interessante para explorar a atividade pecuária e aumentar a eficiência do uso da terra de forma sustentável.

Os SSPs ou integração pecuária-floresta combinam plantas lenhosas, herbáceas e animais numa mesma área (CARVALHO *et al.*, 2022). A inclusão de leguminosas como componente lenhoso do sistema, a exemplo da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), tem potencial de aumentar a taxa de decomposição da serrapilheira devido à baixa relação C:N, aumentando a ciclagem de nutrientes (HERRERA *et al.*, 2021; PESSOA *et al.*, 2024), o que pode contribuir para aumentar o acúmulo de forragem e melhorar o valor nutritivo do componente herbáceo em função do aporte de nutrientes no solo (HERRERA *et al.*, 2021; PESSOA *et al.*, 2024; SANTOS *et al.*, 2024).

Por outro lado, o sombreamento do estrato herbáceo do sistema pelo componente arbóreo pode influenciar a morfologia (GOMES *et al.*, 2020a), fisiologia (NASCIMENTO *et al.*, 2019) e a produtividade das plantas (SILVA *et al.*, 2021), conseqüentemente, pode reduzir o desempenho animal (SANTOS *et al.*, 2020). O impacto do sombreamento pode ser maior ou menor a depender do arranjo e densidade do componente arbóreo.

Em Itambé-PE, avaliando SSP com densidade arbórea de 2.500 árvores ha⁻¹ de sabiá, com espaçamento de 15 m entre filas duplas das árvores foram observadas reduções de 37% na massa de forragem seca verde do capim-braquiária (SILVA *et al.*, 2021). Já no Agreste Meridional, Carvalho *et al.* (2022a), com densidade arbórea de 600 árvores ha⁻¹ e espaçamento de 25m entre filas duplas das árvores, após dois anos de estabelecimento, observaram que não houve influência das árvores de sabiá na produtividade de *U. decumbens*. Oliveira *et al.* (2023), em revisão de literatura sobre SSPs, recomendaram espaçamentos superiores a 25m entre linhas de árvores, promovendo menores densidades de estrato arbóreo para não comprometer a produtividade da gramínea e o desempenho animal em silvipastoreio.

Diante desse contexto, é importante compreender o comportamento das características produtivas do capim-braquiária em monocultivo e associado à leguminosa em SSP, de maneira que proporcione tomadas de decisões e ações de manejo mais eficientes (BENTO *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2022).

Assim, a hipótese do presente estudo é que o capim-braquiária é influenciado pela leguminosa arbórea sabiá, quando consorciados com espaçamento de 25 m entre filas duplas e densidade arbórea de 600 plantas ha⁻¹, após três anos do estabelecimento das árvores. Objetivou-se avaliar características produtivas e estruturais do capim-braquiária em monocultivo e em SSP, no Agreste Meridional de Pernambuco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL, DELINEAMENTO E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Garanhuns-PE ($8^{\circ}53'30''\text{S}$ $36^{\circ}30'00''\text{W}$), situada a 842 m de altitude (Figura 1), no período de agosto/2020 a julho/2021 (primeira estação de pastejo-EP) e de outubro/2021 a setembro/2022 (segunda EP). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é tropical úmido e seco (Aw). A temperatura média anual é de $22,8^{\circ}\text{C}$, com precipitação média anual de 866 mm (BARBOSA *et al.*, 2016).

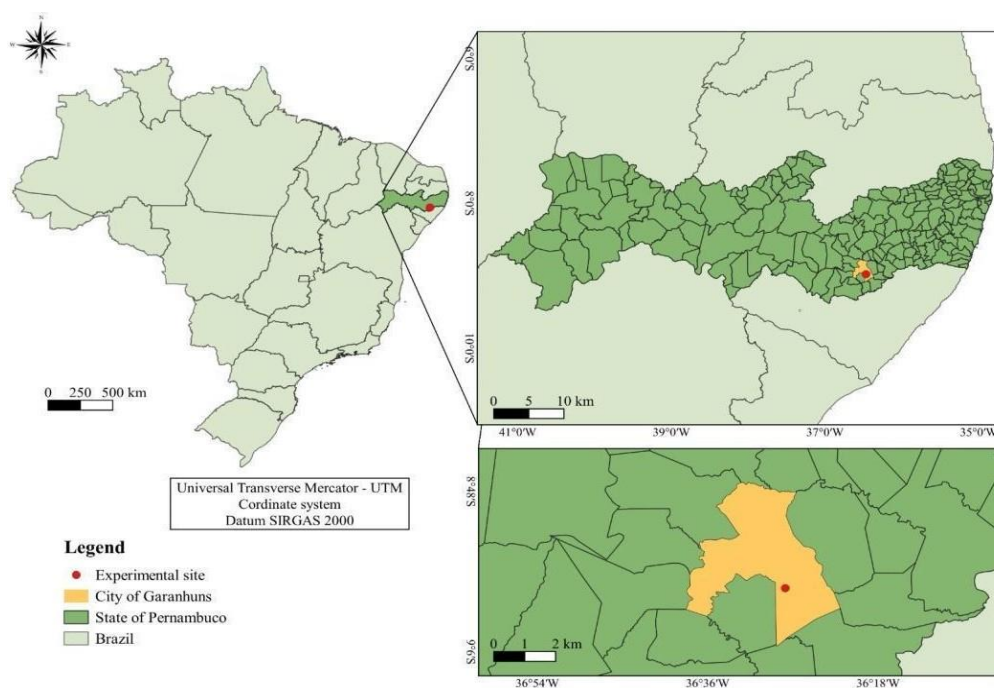


Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão no município de Garanhuns-PE. Fonte: Pessoa *et al.* (2024).

O balanço hídrico sequencial (BHS) (Figura 2) foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) em planilhas de Excel (ROLIM *et al.*, 1998), sendo considerado período chuvoso os meses que apresentaram balanço hídrico positivo ou nulo, correspondendo aos meses de abril a julho de 2021 e abril a agosto de 2022. A denominação de período seco foi atribuída aos meses com balanço hídrico negativo, correspondendo aos meses de agosto de 2020 a março de 2021, outubro de 2021 a março de 2022, agosto e setembro de 2022. A precipitação acumulada durante todo o período experimental foi de 1.720 mm.

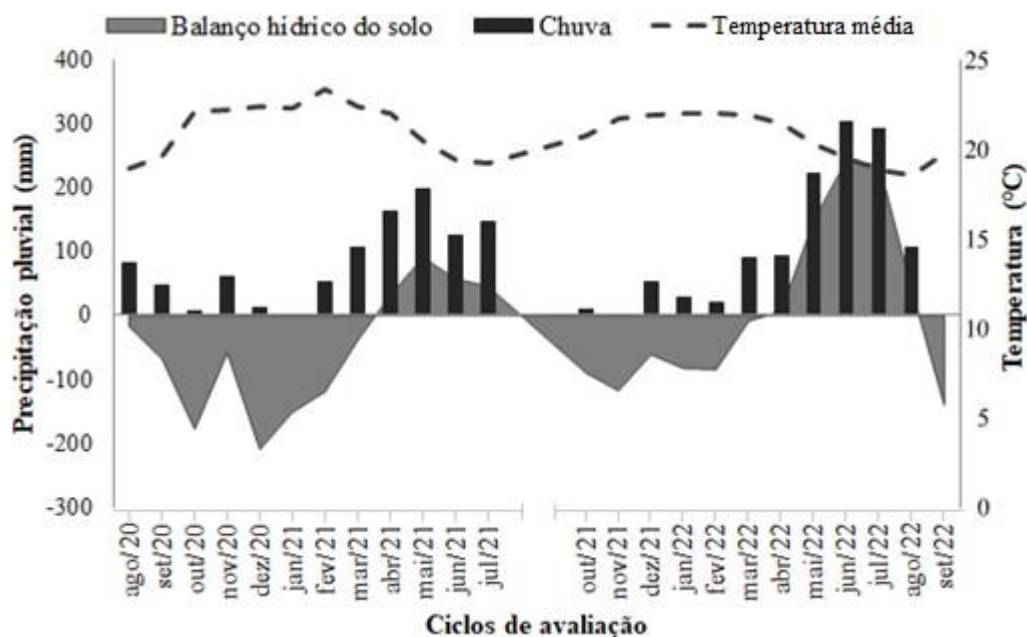


Figura 2. Balanço hídrico sequencial, precipitação e temperatura média de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo, com textura franco-argilosa, essa classificação de solo é equivalente a Argissolo Amarelo pela Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) (Grupo de trabalho IUSS, 2014). A coleta do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20cm, na área experimental durante a implantação do experimento. O solo apresentou as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,3; P (Mehlich-I) = 2,0 mg dm⁻³; Na = 0,006 cmol_c dm⁻³; K = 0,19 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,35 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,53 cmol_c dm⁻³; Al = 0,95 cmol_c dm⁻³; H = 4,95 cmol_c dm⁻³; soma de bases = 1,15 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 7,05 cmol_c dm⁻³; V = 16% e m = 46,5%. A análise do solo seguiu os métodos recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Realizou-se a correção do solo 60 dias antes do plantio das filas duplas de leguminosa (agosto/2017), usando calcário dolomítico [54,3% de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 45,7% de carbonato de magnésio (MgCO₃), PRNT = 90%] em área total, na ordem de 2,5 t ha⁻¹. No momento do plantio foi realizada a adubação para a cultura de sabiá, com 30 kg de K₂O ha⁻¹ [cloreto de potássio – KCL (60% K)] e 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ [superfosfato simples – SFS (18% P)], seguindo as recomendações de Cavalcanti *et al.* (2008), para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

O experimento foi estabelecido em áreas de capim-braquiária já existentes na fazenda. Os tratamentos consistiram de monocultivo de capim-braquiária e de sistema silvipastoril

(SSP) de capim-braquiária + sabiá, arrançados em delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo as parcelas experimentais constituídas de piquetes de 1 ha.

No SSP, as mudas de sabiá foram plantadas em sulcos de 15 x 15 cm, no sentido leste-oeste, em fileiras duplas espaçadas em 25 x 2 x 1 m em outubro de 2017, com alguns replantios realizados em maio de 2018, formando uma população de 600 árvores ha⁻¹. A área experimental ficou diferida e sem a presença dos animais antes de iniciar a primeira estação de pastejo por 170 dias, de março a julho/2020 e, antes do início da segunda estação de pastejo, por 83 dias (julho a setembro/2021). No início do ensaio de pastejo (agosto/2020), as árvores já apresentavam em média 2,5 m de altura (CARVALHO *et al.*, 2022a).

2.2 MANEJO DA ÁREA

Os piquetes foram submetidos ao pastejo em duas estações, sendo utilizados como animais testadores dois bovinos machos não castrados (Holandês x Zebu), com peso médio inicial de 186 ± 26 kg PV⁻¹, além de animais reguladores (bovinos de pesos corporais diversos), quando necessário, buscando manter oferta de forragem de 3kg de massa de forragem seca verde por kg⁻¹ de PC (CARVALHO *et al.*, 2022a,b).

A certificação protocolada junto a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRPE) foi de nº 3695240820 (ID 000457). O método de pastejo utilizado foi a lotação contínua, com taxa de lotação variável, conforme Mott e Lucas (1952), com ajuste da taxa de lotação realizada de acordo com a recomendação de Sollenberger *et al.* (2005).

2.3 VARIÁVEIS MENSURADAS

A massa de forragem (MF) do capim-braquiária foi estimada pela adaptação do método de dupla amostragem (HAYDOCK; SHAW, 1975), a cada 28 dias. A medida direta consistiu no corte de seis padrões/parcela, sendo coletados dois pontos de referência de máxima, dois intermediários e dois de mínima massa de forragem. A MF foi colhida a 5cm do nível do solo, utilizando-se um quadrado de 0,50 x 0,50m. Nesses mesmos pontos de coleta foi mensurada a altura do dossel com uma régua graduada tomando-se como base a inflexão da última folha completamente expandida do capim-braquiária. A média dessas 50 medições de altura foi utilizada na equação de regressão para estimar a massa de forragem (PEDREIRA, 2002). As equações de regressão para a massa de forragem seca verde foram desenvolvidas de forma semelhante à descrita para a massa de forragem total.

A massa de forragem da sabiá foi estimada em doze plantas em cada parcela de SSP, a cada 56 dias, as amostragens foram agrupadas aos meses de avaliações da MF do capim-

braquiária nas estações de pastejo (EP 2020/2021: fevereiro a junho de 2021) e (EP 2021/2022: janeiro a setembro de 2022). Foi considerado como forragem da leguminosa ramos tenros, com diâmetro de até 5 mm e folhas até a altura de 1,5 m, considerada a altura de ramoneio (pastejo) pelos animais (YDOYAGA-SANTANA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015), tendo em vista que os animais tendem a consumir folhas das leguminosas e pontas de galhos finos (MELLO *et al.*, 2014). A produção de forragem total foi o somatório da estimativa de MF da leguminosa mais os valores de MF do capim-braquiária nos mesmos meses que coincidiram as avaliações, totalizando oito amostragens de produção de forragem total, caracterizando a produção total do SSP.

As amostras colhidas para a calibração da estimativa da massa foram pesadas em sacos de papel e depois separadas em material verde (folha e colmo + bainha) e material senescente no Laboratório de Forragicultura Prof. Iderval Farias, do Departamento de Zootecnia/UFRPE e levadas a estufa de ventilação forçada, a 55 °C, até peso constante. O peso seco foi utilizado para determinar a massa de forragem total (kg MS ha⁻¹), massa de forragem seca verde (kg MS de folhas verdes ha⁻¹), e massa de forragem da sabiá no silvipastoril.

A relação folha:colmo foi obtida a partir da divisão do peso seco da fração de lâmina foliar pelo peso da fração colmo. Foi estimada a densidade de forragem total (kg cm⁻¹ ha⁻¹), a partir da divisão da massa de forragem total (kg MS ha⁻¹) pela altura média do dossel (cm). As proporções constituintes morfológicas do capim-braquiária: lâmina foliar, colmo (bainha + colmo) e material senescente foram calculadas em relação à massa de forragem seca total.

O acúmulo de forragem foi estimado por meio da utilização de seis gaiolas de exclusão com 1 x 1 m alocadas em cada piquete. O critério adotado na escolha dos pontos onde as gaiolas foram alocadas foi a condição média das 50 medidas de altura tomadas no piquete. As gaiolas foram realocadas a cada 14 dias, de forma a minimizar o problema de diferenças estruturais, quando comparadas às áreas excluídas das áreas pastejadas. As diferenças entre os valores estimados no final e no início dos 14 dias representaram o acúmulo de forragem em cada mês de avaliação (SOLLENBERGER; CHERNEY, 1995) e, quando dividido pelo período de crescimento, foram obtidos os valores da taxa de acúmulo de forragem (kg MS ha⁻¹ dia⁻¹). O acúmulo líquido total foi obtido pelo somatório dos acúmulos de cada ciclo de avaliação, por tratamento, em cada estação de pastejo.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de

homocedasticidade (Bartlett) dos resíduos. Os dados que não apresentaram distribuição normal e homocedasticidade foram transformados para raiz quadrada (\sqrt{x}). Após atender as premissas, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o PROC MIXED do SAS (software SAS on Demand). Os tratamentos (sistemas de cultivo), os períodos do ano (chuvoso e seco), a estação de pastejo e a interação entre eles foram considerados efeitos fixos, enquanto os blocos foram considerados efeitos aleatórios. As médias foram comparadas pelo PDIFF, ajustado para o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + I_k + (\beta I)_{jk} + \gamma_k + e_{ijk}$$

Em que Y_{ijk} é a variável dependente; μ é a média geral; α_i é o efeito fixo dos tratamentos; β_j é o efeito fixo dos períodos do ano; I_k é o efeito da estação de pastejo; $(\beta I)_{jk}$ é o efeito da interação entre períodos do ano e estação de pastejo; γ_k é o efeito aleatório do bloco; e e_{ijk} é o erro residual.

3 RESULTADOS

Não foi observado efeito de sistema de cultivo ($P > 0,05$) para nenhuma variável estrutural e produtiva do capim-braquiária (Tabela 1).

Tabela 1. Altura do dossel (AD), massa de forragem total (MFT), massa de forragem seca verde (MFV), densidade de forragem (DF), composição morfológica, acúmulo de forragem (AF), taxa de acúmulo de forragem (TAF) e acúmulo de forragem líquido (AFT) de *Urochloa decumbens* (Braquiária) em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP), durante o período experimental.

Variável	Sistema de cultivo		P	EPM
	Braquiária	SSP		
AD (cm)	37	33	0,4260	2,7
MFT (kg ha ⁻¹)	4.567	3.820	0,1867	437,5
MFV (kg ha ⁻¹)	1.630	1.330	0,2173	167,4
DF (kg cm ⁻¹ ha ⁻¹)	112	101	0,1677	7,4
Folha (%)	23	24	0,4590	1,4
Colmo (%)	17	18	0,6451	1,7
Material senescente (%)	60	57	0,4636	2,2
Relação folha:colmo	1,6	1,5	0,8022	0,2
AF (kg MS ha ⁻¹ 28 d ⁻¹)	370	336	0,7238	59,0
TAF (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)	13	12	0,7242	2,1
AFT (kg MS ha ⁻¹ ep ⁻¹)	3.496	3139	0,7186	608,5

EPM: erro padrão médio; ep: estação de pastejo.

Foi observada interação período do ano x estação de pastejo ($p < 0,05$) para altura do dossel, massa de forragem total, densidade de forragem e relação folha:colmo do capim-braquiária (Tabela 2). A maior AD foi observada no período seco em relação ao período

chuvoso na EP 2020/2021. No entanto, houve redução ($P \leq 0,05$) da AD (54 vs. 24 cm) no período seco da EP 2021/2022. Observou-se maior ($P \leq 0,05$) MFT (6.473 kg MS ha⁻¹) no período seco, quando comparado ao chuvoso (4.537 kg MS ha⁻¹) na EP 2020/2021. Durante o período chuvoso, na EP 2020/2021 a MFT foi 55% maior quando comparada a EP 2021/2022. Além disso, houve redução de 49,6% da MFT na EP 2021/2022 no período seco em relação à EP 2020/2021. Entretanto, houve maior MFT (3.265 vs. 2.498 kg MS ha⁻¹) no período seco em relação ao chuvoso na EP 2021/2022 (Tabela 2).

Tabela 2. Interação período do ano x estação de pastejo nas características estruturais, morfológicas e produtivas do capim-braquiária, no Agreste de Pernambuco.

Período	Estação de pastejo		P
	2020/2021	2021/2022	
	Altura do dossel (cm)		
Chuvoso	28 Ab	32 Aa	0,0799
Seco	54 Aa	24 Bb	<0,0001
P	<0,0001	<0,0001	
	Massa de forragem total (kg MS ha ⁻¹)		
Chuvoso	4.537 Ab	2.498 Bb	<0,0001
Seco	6.473 Aa	3.265 Ba	<0,0001
P	<0,0001	0,0092	
	Densidade de forragem (kg cm ⁻¹ ha ⁻¹)		
Chuvoso	118 Aa	83 Bb	<0,0001
Seco	106 Aa	119 Aa	0,0529
P	0,1300	<0,0001	
	Relação folha:colmo		
Chuvoso	2,2 Aa	1,9 Bb	0,0279
Seco	0,7 Bb	1,4 Ab	<0,0001
P	<0,0001	0,0054	

Médias seguidas por letras distintas maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A maior densidade de forragem ocorreu no período chuvoso da EP 2020/2021, enquanto no período chuvoso da EP 2021/2022 ocorreu menor DF. No período seco da segunda EP, houve incremento de 36 kg cm⁻¹ ha⁻¹, quando comparado ao período chuvoso dessa mesma EP (Tabela 2).

A maior ($p < 0,05$) relação folha:colmo foi obtida no período chuvoso (2,2) da EP 2020/2021, enquanto o menor valor (1,4), no período seco da EP 2021/2022. Foi observado incremento 214% na RFC no período chuvoso quando comparado ao período seco da EP 2020/2021.

O acúmulo de forragem e a taxa de acúmulo de forragem do capim-braquiária foram influenciados ($P < 0,01$) pelo período do ano (Figura 3). Houve maior acúmulo de forragem no

período chuvoso em relação ao seco (Figura 3A). A taxa de acúmulo de forragem também foi maior ($P < 0,01$) no período chuvoso quando comparada ao seco (Figura 3B).

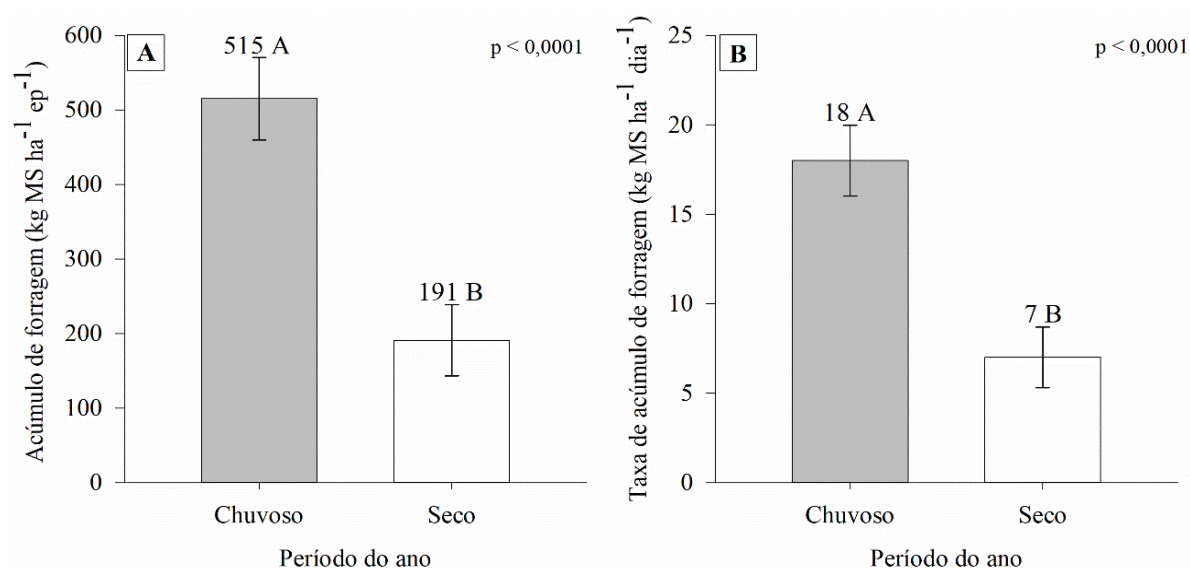


Figura 3. Efeito de período do ano para acúmulo de forragem (A) e taxa de acúmulo de forragem (B) do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

Não foi observado efeito ($P = 0,6329$) de período do ano na massa de forragem seca verde (MFV) (Figura 4) do capim-braquiária. Independente do período do ano, o valor médio de MFV obtido foi de $1.481 \text{ kg MS ha}^{-1}$.

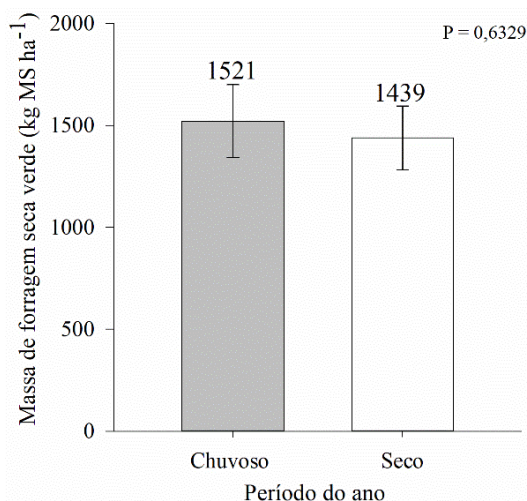


Figura 4. Efeito de período do ano para massa de forragem seca verde do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

A maior proporção de folhas ocorreu no período chuvoso (Figura 5A), em relação ao seco, resultado inverso ao observado na proporção de material morto, quando se obteve o maior valor no período seco (68%), em comparação ao chuvoso (50%) (Figura 5B).

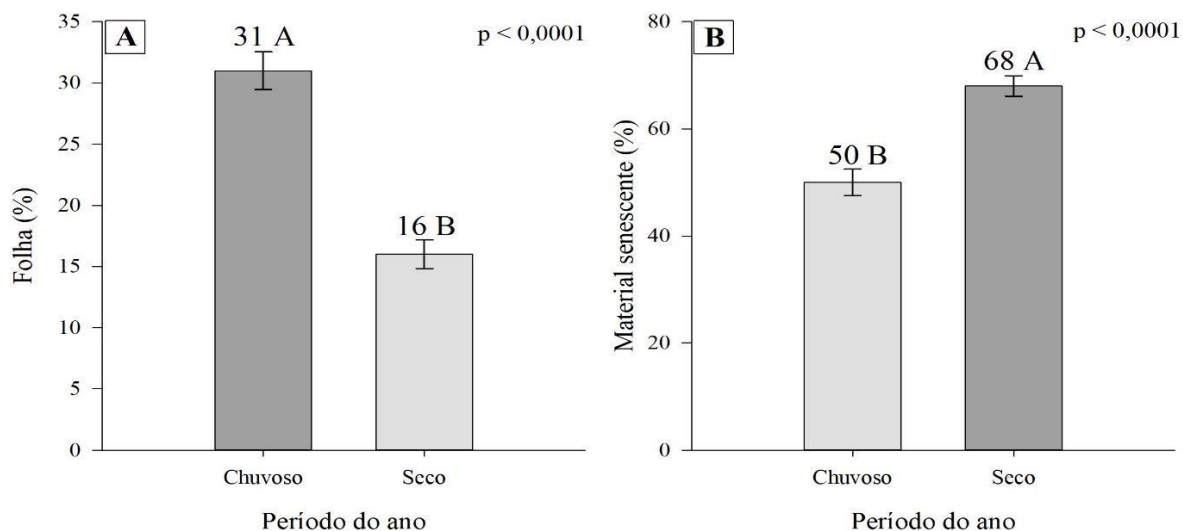


Figura 5. Efeito de período do ano para proporções de folha (A) e material senescente (B) do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

A maior proporção de folha ocorreu na segunda EP (29%), em comparação com a primeira EP (18%) (Fig. 6A), resultado inverso aos obtidos para as proporções de colmo (15% na primeira EP e 20% na segunda) (Figura 6B). A maior proporção de MM (67%) foi observada na primeira EP, comparado aos 51% observados na segunda EP (Figura 6C).

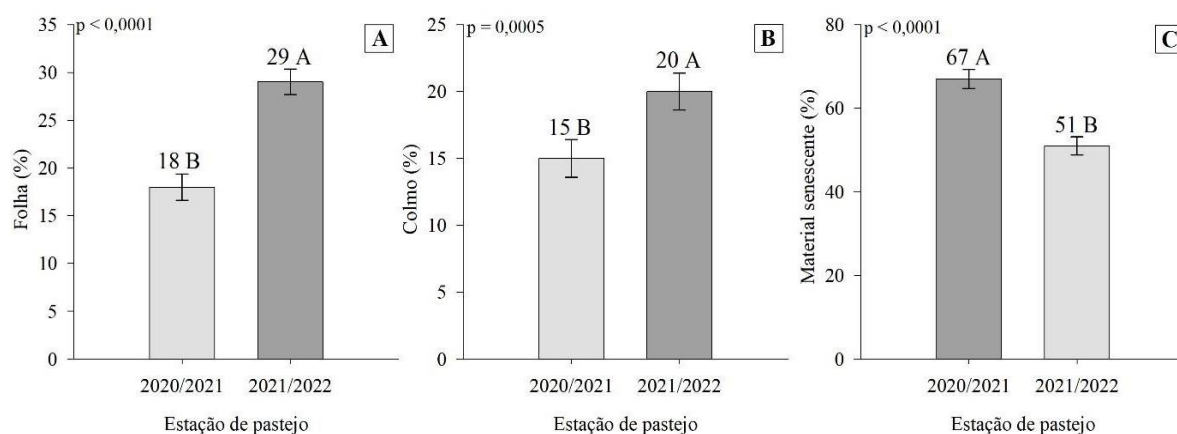


Figura 6. Efeito da estação de pastejo para proporções de folha (A), colmo (B) e material senescente (C) do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

A produção de forragem total do sistema (PFT) (capim-braquiária+sabiá) foi influenciada pelos períodos do ano (Figura 7), tendo sido observado maiores valores médios no período seco (3.948 kg MS ha⁻¹) em relação ao período chuvoso (3.143 kg MS ha⁻¹).

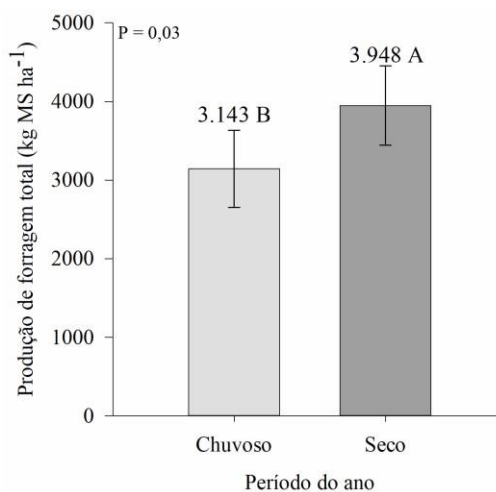


Figura 7. Efeito do período do ano para produção de forragem total de capim-braquiária em monocultivo e SSP, no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

A produção de forragem total do sistema (PFT) foi influenciada pela estação de pastejo (Figura 8). Foi observado maior PFT (4.583 kg MS ha⁻¹) na EP 2020/2021 comparado a 2.508 kg MS ha⁻¹ obtido na EP 2021/2022.

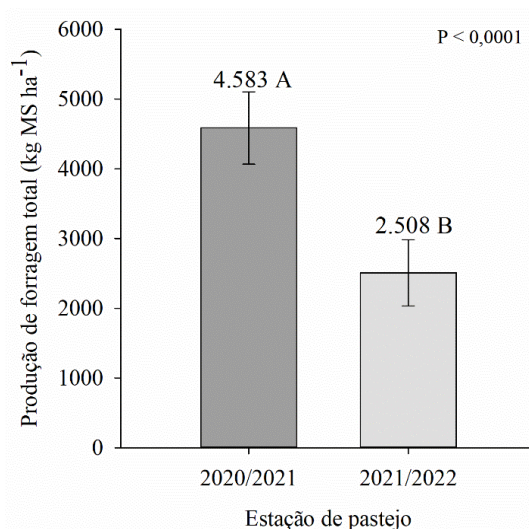


Figura 8. Efeito da estação de pastejo para produção de forragem total de capim-braquiária em monocultivo e somadas (capim-braquiária + sabiá) em SSP, no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

4 DISCUSSÃO

A ausência de efeito entre os sistemas de cultivo (Tabela 1) para as características produtivas do capim-braquiária ($P > 0,05$) pode ser explicada pelo bom desempenho e persistência do pasto, nas condições de sombreamento moderado nas parcelas de SSP. Alguns trabalhos conduzidos com as mesmas espécies e no mesmo local (CARVALHO *et al.*, 2022a; OLIVEIRA NETO, 2022) também verificaram reduzido efeito das árvores no capim-braquiária em SSPs, enquanto Costa *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2021) relataram que as árvores competem com a vegetação herbácea, principalmente no SSP-sabiá, e isso pode reduzir a produção de forragem e o desempenho animal no decorrer dos anos (SANTOS *et al.*, 2020). Entretanto, em espaçamentos menores, como aquele adotado (15m entre fileiras de árvores) pelos autores citados, ocorre aumento da produção de madeira, o que, segundo Dubeux Jr. *et al.* (2017), pode compensar economicamente a redução observada na produção animal.

Este resultado indica que o espaçamento de 25m de distância entre as filas duplas de sabiá pode ser considerado como adequado, do ponto de vista de competição entre as árvores e o pasto de braquiária, corroborando resultados de Oliveira *et al.* (2023), que trabalharam com *Brachiaria brizantha* e *Eucalyptus* sp. em SSP, bem como a citação de Nascimento *et al.* (2019), os quais realizaram uma revisão sistemática sobre o efeito do sombreamento em gramíneas tropicais exploradas em SSPs. Ambos os trabalhos indicaram que espaçamentos acima de 30 m entre as árvores não provocam redução significativa no acúmulo de forragem de gramíneas do gênero *Brachiaria* sp. (*Syn. Uroclhoa* sp.) e desempenho animal, então é preciso considerar também a espécie arbórea que integrará o SSP, pois, se a finalidade for o componente herbáceo e a árvore for a sabiá em SSP, nas condições edafoclimáticas do presente estudo, deve-se adotar espaçamento a partir de 25m.

A maior AD (Tabela 2) no período seco na primeira estação de pastejo é devido a um período de diferimento do pasto de 170 dias, antes de iniciar as avaliações em função do início da pandemia de covid-19. Já no período chuvoso de ambas as EP, a menor AD pode estar relacionada às condições climáticas locais, uma vez que, durante este período, a região de Garanhuns apresenta elevada nebulosidade, o que, provavelmente, limita as taxas fotossintéticas do capim-braquiária em função da menor quantidade e qualidade de radiação incidente (TAIZ; ZEIGER, 2015). Entretanto, a redução da AD no período seco (54 vs. 24 cm) da primeira para segunda estação de pastejo é em função da ação do pastejo pelos animais. Em pastagens de capim-braquiária, a faixa ideal de AD é de 15-25 cm sob lotação contínua (SANTOS *et al.*, 2013), considerando os valores de AD observados no presente

estudo, somente no período seco da segunda estação de pastejo, esteve dentro dessa faixa (15-25 cm) de recomendação.

O maior AF (Figura 3A) é decorrente do maior acúmulo de todas as partes da planta e do aumento da taxa de senescência (Figura 5B) (SILVA *et al.*, 2016). O déficit hídrico pode causar redução dos perfilhamentos basal e aéreo, como também da relação folha:colmo, MFT e DF (Tabela 2) em gramíneas forrageiras (MATTOS *et al.*, 2005; RAMOS *et al.*, 2022). Além disso, os resultados de AF e TAF são considerados reduzidos, quando comparados aos resultados obtidos na mesma área experimental por Carvalho *et al.* (2022), quando avaliaram as características produtivas do capim-braquiária durante o primeiro ano após o estabelecimento. Pedreira e Mattos (1981) avaliaram o crescimento estacional de 25 espécies de gramíneas forrageiras, dentre elas *U. Decumbens*, e reportaram acentuada estacionalidade da produção com média de produção anual de 87%, no período chuvoso e, 13%, no período seco. O menor AF (Figura 3A) durante a estação seca pode ser justificado pelo crescimento limitado do capim-braquiária pela redução da umidade do solo (Figura 2).

O acúmulo de forragem é impulsionado por condições ambientais favoráveis que permitem à planta expressar seu potencial genético (SOUZA SOBRINHO *et al.*, 2011). No presente estudo, a baixa temperatura média (18 °C) (Figura 2) e a baixa luminosidade no período chuvoso na região de Garanhuns (CARVALHO *et al.*, 2022) foram fatores que limitaram o acúmulo de forragem no capim-braquiária (Figura 3). As temperaturas entre 30-35 °C são consideradas ótimas para o crescimento de gramíneas C₄ e reduções de 30 para 25 °C minimizam a assimilação de CO₂ pelas folhas (MASSAD *et al.*, 2007). Em estudo com *U. decumbens*, Rabêlo *et al.* (2022) observaram que houve redução na assimilação de CO₂ superior a 35% em temperatura média de 26,1 °C; conseqüentemente, a produção de forragem foi comprometida.

Outro fator que pode ter limitado o acúmulo de forragem no presente estudo foi a ausência de reposição de nutrientes ao solo, visto que Oliveira Neto (2022) mencionou redução nos teores de P (2 vs. 0,60 cmol_c dm³) no solo nas parcelas experimentais do presente experimento. Este fato evidencia a necessidade de reposição de nutrientes ao longo do tempo em SSP. Herrera *et al.* (2023) avaliaram a fertilidade do solo ao longo dos anos em SSPs compostos por capim-braquiária + leguminosas (gliricídia e sabiá) também em filas duplas. Esses autores relataram reduções no pH, P, Mg²⁺, K⁺ e CTC efetiva durante os anos, e a absorção de nutrientes aumentou exponencialmente com o crescimento do componente arbóreo, até atingir o seu crescimento máximo (7 a 10 anos, dependendo da espécie). Herrera *et al.* (2023) ainda relataram que, para Sabiá com oito anos de estabelecimento e diâmetro à

altura do peito (DAP) de 34 cm, foram determinadas concentrações de P de 0,88g/kg MS⁻¹ na biomassa aérea (MOURA *et al.*, 2006). Considerando o acúmulo de biomassa de 50 Mg ha⁻¹, relatado por Apolinário *et al.* (2015), estima-se que aproximadamente 44 kg ha⁻¹ de P foram estocados na biomassa arbórea, sem falar no sistema radicular.

De acordo com Larsen (2017), o teor total de P dos solos é considerado baixo, além disso, uma parte desse nutriente encontra-se em formas indisponíveis para absorção pelas plantas. Tais suposições implicam a reposição deste elemento, visto que a disponibilidade e absorção de P estimulam o crescimento radicular e perfilhamento das forrageiras, aumentando a área de solo explorada pela vegetação e maior absorção de outros nutrientes. Conseqüentemente, a deficiência de P pode afetar o crescimento das plantas, perfilhamento, a formação de sementes e maturação das culturas, bem como o desempenho animal (DUBEUX JR. *et al.*, 2014; SANZ-SAEZ *et al.*, 2017; TANG *et al.*, 2021). Além disso, pode limitar a capacidade de fixação de N das leguminosas (ZHONG *et al.*, 2023), pois, nas leguminosas, o P melhora a nodulação e a eficiência na fixação de N (MITRAN *et al.*, 2018; CHEN *et al.*, 2019).

O longo período de diferimento (170 dias – março a agosto de 2021) no período de transição chuvoso-seco, (Figura 2) devido ao início da covid-19, também influenciou na MFT (Tabela 2). O diferimento é uma das estratégias de manejo de pastagens e pode ser um método eficiente para atenuar o efeito da sazonalidade na produção de forragem, sendo necessária a avaliação do período de rebrota e a intensidade de pastejo da gramínea utilizada (SILVA *et al.*, 2019). Contudo, é importante relatar que o diferimento não foi um manejo planejado no presente estudo, mas uma situação necessária pelo isolamento social imposto pela pandemia da covid-19.

A variação dos resultados na MFT (Tabela 2) também ocorreu por conta do efeito de alguns fatores bióticos (pastejo) e abióticos (precipitação, temperatura e radiação). Além disso, a redução da umidade do solo no período seco (Figura 2) promoveu alterações na estrutura do pasto e massa de forragem, ao longo das estações de pastejo. As gramíneas tropicais, quando em crescimento livre por longos períodos, são caracterizadas por intenso alongamento do colmo e aumento da contribuição desta fração no estrato superior do dossel (SILVEIRA *et al.*, 2016; RAMOS *et al.*, 2022). Devido ao reduzido teor de umidade no solo durante o período seco, ocorre avanço na maturidade da gramínea, promovendo espessamento da parede celular, redução da relação folha:colmo (Tabela 2) e maior proporção de material senescente (Figura 5B) (FERREIRA *et al.*, 2023), influenciando diretamente na quantidade e qualidade da MFT do capim-braquiária (SILVA *et al.*, 2021).

Silva *et al.* (2021) relataram redução da MFT (2.266 kg MS ha⁻¹) em SSP com espaçamento de 15 m entre filas duplas das árvores e densidade arbórea de 2.500 árvores ha⁻¹, comparado às áreas de monocultivo de gramínea (MFT de 3.496 kg MS ha⁻¹), em estudo realizado em Itambé-PE. Esses autores relataram que a redução da MFT está associada à competição da sabiá na densidade utilizada com o capim-braquiária, fato não observado no presente estudo com espaçamento de 25m entre filas duplas e densidade arbórea de 600 árvores ha⁻¹. Em SSPs que priorizem a produção de madeira, o espaçamento reduzido (10-15 m entre filas duplas) é recomendado (APOLINÁRIO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2021). No entanto, se a finalidade for a produção de forragem é necessário adotar espaçamentos ≥ 30 m de distância entre as árvores e a gramínea (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Os resultados de MFV (Figura 4) estão de acordo com os relatos de Aroeira *et al.* (2005), que constataram que a MFV em pastagens de capim-braquiária pode variar entre 800 e 1.800 kg MS ha⁻¹, com o menor e maior valor obtido no período seco e chuvoso, respectivamente.

A menor DF (Tabela 2) pode impactar o consumo de forragem pelos animais em pastejo, devido ao seu efeito no tamanho do bocado e, conseqüentemente, no desempenho animal (LIMA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2021). Além disso, em DFs reduzidas, durante os períodos secos, o tempo de pastejo aumenta (SELEMANI *et al.*, 2013), aumentando o gasto de energia dos animais, associado ao baixo acúmulo de forragem, o que justifica baixo ganho de peso nessa época do ano. Os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos por Carvalho *et al.* (2022), quando avaliaram o potencial produtivo do capim-braquiária na mesma área experimental no Agreste de Pernambuco.

Pode-se observar que o período seco da EP 2021/2022 teve menor efeito na RFC, visto que o valor médio da RFC nesta estação foi o dobro, quando comparado ao valor médio obtido na primeira EP. Devido a maior proporção de folhas no período chuvoso (Figura 2), tal situação contribuiu para incrementar a RFC na EP 2020/2021. A formação e manutenção das partes vivas das plantas dependem de diversos fatores genéticos e ambientais. Entre as variáveis ambientais, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e o teor de umidade no solo podem ser fatores determinantes no crescimento vegetal (TAIZ *et al.*, 2015). O déficit hídrico ocorrido no período seco pode ter prejudicado a formação e manutenção dos tecidos vegetais vivos, reduzindo a relação folha:colmo durante o período seco, nas duas estações de pastejo (Tabela 2) (SOUSA *et al.*, 2023).

As alterações nas proporções dos constituintes morfológicos podem ser influenciadas pela época do ano, adubação e sistemas de cultivo (ROJAS *et al.*, 2016; MALDONADO *et*

al., 2019). Juskiw *et al.* (2000) mencionaram que em estágios fisiológicos avançados a produção de caule, material senescente e inflorescência é aumentado, reduzindo a folha, devido, em parte, à translocação de nutrientes das folhas que resulta na senescência e morte deste componente para enchimento de grãos (fase reprodutiva). Geremia *et al.* (2018) reportaram que a maior proporção de folhas associada a menor porcentagem de material senescente deve ser objetivo de manejo em sistema silvipastoril, visando ao aumento da oferta de forragem de maior valor nutritivo para os animais em pastejo.

Esses resultados (Figura 6) foram influenciados pela menor altura do dossel e alta relação folha:colmo no decorrer dessa EP 2021/2022 (Tabela 2). A folha é uma importante característica estrutural da forragem, pois é a fração mais digestível da planta (TESK *et al.*, 2018) para o animal em pastejo. É característico do capim-braquiária apresentar maior acúmulo de colmos em relação às folhas (PERALTA *et al.*, 2020; LARA *et al.*, 2021). Em outros estudos, Silveira *et al.* (2010) compararam respostas morfogenéticas e estruturais de várias gramíneas tropicais, incluindo a *U. decumbens* e reportaram maior alongamento diário de colmo para Arapoty, Basilisk e Marandu (1,18; 1,49 e 1,33 cm⁻¹ perfilho⁻¹ d⁻¹, respectivamente). A maior proporção de colmo nas espécies forrageiras está associada a maior concentração de fibras e tecidos lignificados, o que reduz a sua digestibilidade (NAVE *et al.*, 2010). Este resultado (Figura 6C) ocorreu devido ao avanço na maturidade fisiológica do capim-braquiária na EP 2020/2021, que resultou no acúmulo de material senescente (FERREIRA *et al.*, 2023).

Extremos de temperatura estabelecem forte interação com o nível de radiação incidente na planta e influencia de forma acentuada e imediata no crescimento da folha, limitando a divisão e o alongamento das células, reduzindo sua eficiência fotossintética e limitando o crescimento de forrageiras tropicais em condições de baixas temperaturas (HODGSON, 1990; TAIZ *et al.*, 2017). Bauer *et al.* (1984) destacaram que o fator temperatura é um dos mais importantes no controle da taxa de aparecimento foliar, com base na correlação existente entre o número de folhas e o acúmulo de temperatura.

No período seco ocorreu maior participação de MF (Figura 7) de capim-braquiária vs. sabiá, visto que neste período essa leguminosa perde suas folhas (caducifolia) para minimizar a perda de água para atmosfera (CASTRO FILHO *et al.*, 2016); a baixa MF de sabiá ocorre nos períodos de baixa ocorrência de chuvas (HERRERA *et al.*, 2021). É importante considerar que a MF da sabiá só foi considerada até 1,5 m (considerada altura de pastejo pelos animais nessa planta) (YDOYOGA-SANTANA *et al.*, 2011; MELLO *et al.*, 2014).

A redução da PFT na segunda EP (Figura 8) ocorreu devido ao consumo de forragem pelos animais ao longo dessa estação, visto que o capim-braquiária incrementou em mais de 95% a produção de forragem total, principalmente, no sistema silvipastoril. É importante considerar a produção de forragem total do sistema para auxiliar nas tomadas de decisões no manejo dos componentes presentes no SSP; assim, no presente estudo, obteve-se melhor conhecimento das características do pasto e produtividade da gramínea e leguminosa nas condições de Garanhuns-PE. A adoção do consórcio entre duas culturas aumenta a produtividade e a eficiência dos recursos naturais do sistema (ARAÚJO JÚNIOR *et al.*, 2023; SIMÕES *et al.*, 2023).

5 CONCLUSÕES

A *Mimosa caesalpinifolia* apresenta potencial de utilização como componente arbóreo com filas duplas espaçadas em 25m e densidade arbórea de 600 plantas ha⁻¹ em SSPs com capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco, por não influenciar nas características estruturais, produtivas e morfológicas do capim-braquiária.

As respostas do acúmulo de forragem, componentes morfológicos e a produção de forragem total do sistema silvipastoril variaram sazonalmente entre os períodos do ano e ao longo das estações de pastejo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR, G.N. *et al.* Use of intercropping and mulch to improve the water and natural resources use efficiencies of forage cactus and millet production in a semiarid region. **Field Crops Research**, v. 304, p. 109171, 2023.

APOLINÁRIO, V.X.O. *et al.* Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p. 1915–1921, 2015.

APOLINÁRIO, V.X.O. *et al.* Arboreal legume litter nutrient contribution to a tropical silvopasture. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 6, p. 2478–2484, 2016.

AROEIRA, L.J.M. *et al.* Herbage availability, chemical composition and dry matter intake in mixed pasture of *Brachiaria decumbens* with *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 413-418, 2005.

BARBOSA, V.V. *et al.* Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 02, p. 353–367, 2016.

BARRETO, G.P. *et al.* Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos a

- estresse hídrico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1-6, 2001.
- BAUER, A. *et al.* Estimation of spring wheat leaf growth rates from air temperature. **Agronomy Journal**, v.76, p.829-835, 1984.
- BENTO, G.P. *et al.* Sistemas silvipastoris no Brasil: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e7019109016-e7019109016, 2020.
- CARVALHO, C.B.M. *et al.* Initial growth and survival of *Eucalyptus* spp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems and their impact on herbage accumulation of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 7, p. 1053-1064, 2022a.
- CARVALHO, C.B.M. *et al.* Nutritive value of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. and performance of cattle in monoculture and silvopastoral systems, in the Agreste region of Pernambuco. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 4, p. 246, 2022b.
- CASTRO FILHO, E.S. *et al.* Dry matter yield and bromatological composition of gliricidia in different crop densities. **Ciência Rural**, v.46, p.1038-1043, 2016.
- CAVALCANTI, F.J.A. *et al.* Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª edição revisada. **Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA**, 2008.
- CHATTERJEE, N. *et al.* Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 266, p. 55-67, 2018.
- CHEN, L. *et al.* "A nodule-localized phosphate transporter GmPT7 plays an important role in enhancing symbiotic N₂ fixation and yield in soybean. **New Phytologist**, v. 221, n.4, p. 2013-2025, 2019.
- CORRÊA, C.T.R. *et al.* GISH-based comparative genomic analysis in *Urochloa* P. Beauv. **Molecular Biology Reports**, v.47, p.887-896, 2020.
- COSTA, S.B.M. *et al.* Livestock performance in warm-climate silvopastures using tree legumes. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2026–2035, 2016.
- COSTA, S.B.M. *et al.* Proportion and digestibility of tree legumes in diets of grazing cattle in a tropical silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 252, p. 104689, 2021.
- DUBEUX JR, J.C.B. *et al.* Soil characteristics under legume and non-legume tree canopies in signalgrass (*Brachiaria decumbens*) pastures. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2014.
- DUBEUX JR., J.C.B. *et al.* Tree legumes: An underexploited resource in warm-climate silvopastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 689–703, 2017.
- FERREIRA, M.R. *et al.* How Are Warm-Season Pastures' Nutritive Value and Fermentation Characteristics Affected by Open Pasture, Silvopasture, and Sward Herbage Maturity?. **Agronomy**, v. 13, n. 7, p. 1756, 2023.

GEREMIA, E.V. *et al.* Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GOMES, F.J. *et al.* Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisadegrass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 126029, 2020.

GOMES, F.J. *et al.* Forage nutritive value of Marandu palisade grass under clipping in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, p. 1-10, 2022.

HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H.H. The Comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, p. 663–670, 1975.

HERRERA, A.M. *et al.* Decomposition of senescent leaves of signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster) and arboreal vegetables in silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**.v.94, pp.2213-2224, 2020.

HERRERA, A.M. *et al.* Potential of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster]. **Agroforestry Systems**, 2021.

HERRERA, A.M. *et al.* Soil fertility in silvopastoral systems integrating tree legumes with signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster). **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 31, n. 4, p. 287-298, 2023.

IUSS Working Group. World Reference Base for Soil Resources (2014) International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. **World Soil Resources Reports**, 106, 2014.

IZIDRO, J.L.P.S. *et al.* The association of mulch cover and organic fertilization improves the agronomic performance of millet under rainfed cultivation in a semi-arid environment. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3189-3203, 2023.

KUMAR, R.V. *et al.* Silvopasture systems for restoration of degraded lands in a semiarid region of India. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 15, p. 2843-2854, 2022.

LAPIG. **Mapping Data of Brazilian Pasture Quality Between 2000 and 2020** (in Portuguese), Atlas das Pastagens, UFG, Goiânia (2022).

LARA, M.A.S. *et al.* Seasonal herbage accumulation and canopy characteristics of novel and standard brachiariagrasses under N fertilization and irrigation in southeastern Brazil. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 1468-1477, 2021.

LIMA, M.A. *et al.* Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160-170, 2019.

MACHADO, V.D. *et al.* Grazing management strategies for *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster in a silvopastoral system under rotational stocking. **Grass and Forage Science**, v.75, p.266-278, 2020.

MALDONADO PERALTA, M.D.L.A. *et al.* Physical-chemical quality of *Urochloa* grasses in different phenological stages. **International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch**, v. 5, n. 4, p. 162-171, 2020.

MASSAD, R.S.; TUZET, A.; BETHENOD, O. The effect of temperature on C₄-type leaf photosynthesis parameters. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 9, p. 1191-1204, 2007.

MATTOS, J.L.S. *et al.* Effect of water deficit on the growth of *Brachiaria* species in greenhouse. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.3, p. 746-754, 2005.

MELLO, A.C.L. *et al.* Pasture characteristics and animal performance in a silvopastoral system with *Brachiaria decumbens*, *Gliricidia sepium* and *Mimosa caesalpinifolia*. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 2, n. 1, p. 85–87, 2014.

MITRAN, T. *et al.* Role of soil phosphorus on legume production. **Legumes for soil health and sustainable management**, p. 487-510, 2018.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.I. **The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures**. Proceedings of the sixth international Grassland congress. **Anais...** Pennsylvania State College, Pennsylvania: 1952.

MONTEIRO, A. *et al.* Crop-livestock-forestry systems as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions and enhancing the sustainability of forage-based livestock systems in the Amazon biome. **Science of the Total Environment**, v. 906, p. 167396, 2024.

MORENO-GALVÁN, A.E. *et al.* Long-term implementation of a silvopastoral system enhances soil P availability and bacterial diversity. **Geoderma**, v. 433, p. 116458, 2023.

MOURA, O.N. *et al.* Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 30, p. 877-884, 2006.

NASCIMENTO, H. L. B. *et al.* Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p. 384-394, 2019.

NAVE, R.L.G.; PEDREIRA, C.G.S; PEDREIRA, B.C. Nutritive value and physical characteristics of Xaraes palisadegrass as affected by grazing strategy. **South African Journal of Animal Science**, v. 40, n. 4, 2010.

OLIVEIRA, A.F. *et al.* Effects of shading on tropical grass characteristics and cattle performance in silvopastoral systems: systematic review and meta-analysis. **Animal Production Science**, v. 262, p. 104973, 2023.

OLIVEIRA NETO, P.M. **Fertilidade do solo, características produtivas e valor nutritivo de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster. e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em**

monocultivo e sistema silvipastoril. 2022. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

OLIVEIRA, O.F. *et al.* Características quantitativas e qualitativas de Caatinga raleada sob pastejo de ovinos, Serra Talhada (PE). **Revista Caatinga**, v.28, p.223-229, 2015.

PESSOA, D.V. *et al.* Litter Deposition and Decomposition in a Tropical Grass-Legume Silvopastoral System. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-15, 2024.

PEDREIRA, C.G.S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 100-150, 2002.

PEDREIRA, J.V.S.; MATTOS, H.B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim de Indústria Animal**, v. 38, n. 2, p. 117-143, 1981.

RABÊLO, F.H.S. *et al.* Role of nodes in accumulation and distribution of cadmium and its relationship with nutrient distribution and photosynthesis in the growth and regrowth of *Brachiaria decumbens*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 195, p. 104794, 2022.

RAMOS, B.L.P. *et al.* Forage production, morphogenetic and structural components, and nutritional value of tropical grasses in the semiarid condition. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 6, p. 2499-2516, 2022.

ROLIM, G.D.S.; SENTELHAS, P.S.; BARBIERI, V. Planilhas do ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.

SANZ-SAEZ, A. *et al.* P Deficiency: a major limiting factor for rhizobial symbiosis. **Legume Nitrogen Fixation in Soils with Low Phosphorus Availability: Adaptation and Regulatory Implication**, p. 21-39, 2017.

SANTOS, A.M.G. *et al.* Animal performance in grass monoculture or silvopastures using tree legumes. **Agroforestry Systems**, v.94, p.615-626, 2020.

SANTOS, A.M.G. *et al.* The distance from tree legumes in silvopastoral systems modifies the litter in grass-composed pastures. **The Journal of Agricultural Science**, p. 1-32, 2024.

SANTOS, C.A. *et al.* Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus cultivars. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 169-182, 2023.

SANTOS, D.C. *et al.* Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.266, p.174-180, 2019.

SANTOS, M.E.R. *et al.* Pasture height at the beginning of deferment as a determinant of signal grass structure and potential selectivity by cattle. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, p. 379-385, 2013.

SELEMANI, I.S. *et al.* Variation in quantity and quality of native forages and grazing behavior of cattle and goats in Tanzania. **Livestock Science**, v.157, p.173-183, 2013.

SILVA, P.H.F. da *et al.* Morphological and structural characteristics of *Urochloa decumbens* Stapf. deferred pasture grazed by heifers under two periods of protein-energy supplementation. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, 2019.

SILVA, F.S. *et al.* Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 5, p. 1891–1902, 2020.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358–369, 2021a.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree canopy management affects dynamics of herbaceous vegetation and soil moisture in silvopasture systems using arboreal legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1509, 2021b.

SILVA, V.J. *et al.* Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of ‘Mulato II’ *Brachiariagrass*. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 2054-2061, 2016.

SIMÕES, V.J.L.P. *et al.* Structural soil quality and system fertilization efficiency in integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 349, p. 108453, 2023.

SILVEIRA, M.C.T. da *et al.* Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 136-142, 2010.

SILVEIRA, M.C.T. *et al.* Forage sward structure of Mulato grass (*Brachiaria* hybrid ssp.) subjected to rotational stocking strategies. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 6, p. 864-873, 2016.

SOLLENBERGER, L.E.; CHERNEY, D.J.R. Evaluating forage production and quality. **Forages: The science of grassland agriculture**, v. 2, p. 97-110, 1995.

SOLLENBERGER, L.E. *et al.* Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science**, v. 45, n. 3, p. 896–900, 2005.

SOUSA, L.F. *et al.* Morpho-physiological and anatomical characteristics of *Urochloa brizantha* cv. Marandu in silvopastoral and monoculture systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 45, p. e59494, 2023.

SOUZA, R.T.A. *et al.* Dwarf and tall elephantgrass genotypes under irrigation as forage sources for ruminants: herbage accumulation and nutritive value. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2392, 2021.

SOUZA SOBRINHO, F. *et al.* Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênies de *Brachiaraia ruziziensis*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 685-691, 2011.

TAIZ, L. *et al.* **Plant physiology and development**. Sinauer Associates Incorporated, 2015.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TANG, X. *et al.* Intercropping legumes and cereals increases phosphorus use efficiency; a meta-analysis. **Plant and Soil**, v. 460, p. 89-104, 2021.

TEIXEIRA, P.C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, v. 3. Embrapa, Brasília, p. 573, 2017.

TESK, C.R.M. *et al.* Impact of grazing management on forage qualitative characteristics: a review. **Scientific Electronic Archives**, v. 11, n. 5, p. 188-197, 2018.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. The Water Balance. New Jersey: Drexel Institute Of 508 Technology. Publications in Climatology, p.104, 1955.

TLAHIG, S. *et al.* Genetic and seasonal variation in forage quality of lucerne (*Medicago sativa* L.) for resilience to climate change in arid environments. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, p. 100986, 2024.

YDOYAGA-SANTANA, D.F. *et al.* Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.69-78, 2011.

ZHONG, Y. *et al.* Cooperative interactions between nitrogen fixation and phosphorus nutrition in legumes. **New Phytologist**, v. 237, n. 3, p. 734-745, 2023.

CAPÍTULO 3

Massa de forragem, valor nutritivo de *Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster, consumo de forragem e desempenho de bovinos sob monocultivo da gramínea e em sistema silvipastoril com *Mimosa caesalpinifolia* Benth.

RESUMO

As condições ambientais, disponibilidade e valor nutritivo da forragem nas pastagens diferem muito entre os sistemas agrícolas, o que pode afetar o desempenho dos animais em pastejo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a massa de forragem, valor nutritivo do capim-braquiária [*Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster] sob pastejo, bem como o consumo de forragem e o desempenho animal em monocultivo da gramínea e em sistema silvipastoril (SSP) com a leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpiinifolia* Benth.). O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no município de Garanhuns-PE, nos períodos chuvoso e seco, em duas estações de pastejo (EP - 2020/2021 e 2021/2022). Os tratamentos (sistemas de cultivo) foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados e consistiram de: (i) capim-braquiária sob monocultivo e (ii) capim-braquiária + sabiá em SSP, com três repetições. Os animais experimentais foram bezerros mestiços holandês x zebu, manejados em lotação contínua com taxa de lotação variável. Durante o período experimental, os animais foram submetidos a uma oferta de forragem próxima de 3 kg MS verde kg PC⁻¹. As variáveis respostas relativas ao valor nutritivo da forragem de braquiária incluíram matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS); as variáveis relativas aos animais foram consumo e oferta de forragem, ganho médio diário, ganho por área e ganho de peso total. Houve efeito de EP (P<0,05) para massa de forragem total e massa de forragem seca verde. Na primeira EP ocorreram maiores (P<0,05) valores para massa de forragem total (5.505 kg MS ha⁻¹) e para massa de forragem seca verde (1.659 kg MS ha⁻¹). Não foi observado efeito do sistema de cultivo (P>0,05) sobre o valor nutritivo e desempenho animal, no entanto, houve maior (P<0,05) consumo de forragem no SSP (3,29 kg MS animal⁻¹ d⁻¹), em relação ao monocultivo de braquiária (2,54 kg MS animal⁻¹ d⁻¹). No SSP, durante o período chuvoso, foi observado o maior teor de PB (127 g kg⁻¹ MS) em relação ao monocultivo (94 g kg⁻¹ MS). Maior teor de MS (350 g kg⁻¹) foi observado na primeira EP, comparado à segunda (302 g kg⁻¹). O menor teor de FDN (662 g kg⁻¹) ocorreu na segunda EP. Além disso, os menores valores médios de FDA (284 g kg⁻¹), CEL (247 g kg⁻¹) e LIG (34 g kg⁻¹), além de maior DIVMS (692 g kg⁻¹ MS) foram observados no período seco da segunda EP. O SSP composto por capim-braquiária e sabiá em filas duplas espaçadas de 25 m não afetou o valor nutritivo da gramínea. O SSP capim-braquiária + sabiá pode ser uma alternativa para potencializar a pecuária na região; no entanto, é necessário mais estudos para verificar se a ausência de efeito do componente arbóreo permanece nessa configuração de SSP com o decorrer dos anos.

Palavras-chave: Consórcio; Digestibilidade; Ganho de peso; Ingestão de MS; Proteína bruta; Taxa de lotação.

ABSTRACT

The environmental conditions, availability and nutritional value of forage in pastures differ greatly between agricultural systems, which can affect the performance of grazing animals. The objective of the present work was to evaluate the forage mass, and nutritional value of signal grass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster] under grazing, as well as forage consumption and animal performance in monoculture of the grass and a silvopastoral system (SPS) with the legume *M. caesalpinifolia* (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). The experiment was conducted at the experimental farm of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), in the municipality of Garanhuns-PE, in the rainy and dry seasons, in two grazing seasons (GS - 2020/2021 and 2021/2022). The treatments (cropping systems) were distributed in a randomized block design and consisted of (i) signalgrass under monoculture and (ii) signalgrass + *M. caesalpinifolia* in SPS, with three replications. The experimental animals were Holstein x Zebu crossbreed calves, managed in continuous stocking with variable stocking rate. During the experimental period, the animals were subjected to a forage supply close to 3 kg DM green kg BW⁻¹. The response variables related to the nutritional value of brachiaria forage included dry matter (DM), mineral matter (MM), organic matter (MO), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HEM), cellulose (CEL), lignin (LDA) and in vitro dry matter digestibility (IVDMD); the variables related to the animals were forage consumption and supply, average daily gain, gain per area and total weight gain. There was an effect of GS (P<0.05) for total forage mass and dry green forage mass. In the first GS, there were higher (P<0.05) values for total forage mass (5,505 kg DM ha⁻¹) and dry green forage mass (1,659 kg DM ha⁻¹). There was no effect of the cultivation system (P>0.05) on nutritional value and animal performance, however, there was a higher (P<0.05) forage consumption in the SPS (3.29 kg DM animal⁻¹ d⁻¹), concerning brachiaria monoculture (2.54 kg DM animal⁻¹ d⁻¹). In SPS, during the rainy season, the highest CP content (127 g kg⁻¹ DM) was observed concerning monoculture (94 g kg⁻¹ DM). Higher DM content (350 g kg⁻¹) was observed in the first GS, compared to the second (302 g kg⁻¹). The lowest NDF content (662 g kg⁻¹) occurred in the second GS. Furthermore, the lowest average values of ADF (284 g kg⁻¹), CEL (247 g kg⁻¹) and LDA (34 g kg⁻¹), in addition to the highest IVDMD (692 g kg⁻¹ MS) were observed in the dry period of the second GS. The SPS composed of signalgrass and *M. caesalpinifolia* in double rows spaced 25 m apart did not affect the nutritional value of the grass. The signalgrass + *M. caesalpinifolia* SPS can be an alternative to enhance livestock farming in the region, however, more studies are needed to verify whether the lack of effect of the arboreal component remains in this SPS configuration over the years.

Keywords: Crude protein; Digestibility; DM intake; Intercropping; Stocking rate; Weight gain.

1 INTRODUÇÃO

As emissões de gases do efeito estufa (GEE) por meio da intensificação e expansão agrícola aumentaram, globalmente, em 24% e 58%, respectivamente, nos últimos 50 anos (HONG *et al.*, 2021). Nesse contexto, algumas soluções têm sido utilizadas para reduzir estas externalidades negativas, a partir do consumo mais responsável, menor desperdício de alimentos e mudanças na dieta animal, pela da integração de culturas em sistemas integrados de produção (SWAIN *et al.*, 2018; KOZICKA *et al.*, 2023; MONTEIRO *et al.*, 2024). Além disso, o crescimento populacional contínuo e as mudanças em curso no sentido de dietas baseadas em carne nos países em desenvolvimento externam a alta demanda por carne vermelha indicando que continuará a aumentar (KOMAREK *et al.*, 2021). Assim, existe uma necessidade urgente de potencializar a produção de forragem e pecuária por área, o armazenamento de carbono e recuperar a biodiversidade em ecossistemas de pastagens, principalmente nos trópicos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2024).

Os SSPs constituem a associação de plantas lenhosas, herbáceas e animais domésticos numa mesma área (CARVALHO *et al.*, 2022a). A inclusão de leguminosas como componente lenhoso do sistema, a exemplo da sabiá (*Mimosa caesalpiinifolia* Benth.), tem potencial de promover maior taxa de decomposição da serrapilheira, como resultado da baixa relação C:N da mesma, resultando em maior ciclagem de nutrientes (HERRERA *et al.*, 2021), o que pode contribuir na produtividade de biomassa do componente herbáceo (SILVA *et al.*, 2021a), como também, por meio da maior absorção de nutrientes do solo pelas plantas, na melhoria do valor nutritivo do pasto (PACIULLO *et al.*, 2021; HERRERA *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2023).

Os SSPs também apresentam potencial de melhorar a eficiência da conservação, recuperação e gestão da biodiversidade (KUMAR *et al.*, 2022), além de proporcionar maior taxa de sequestro e armazenamento de carbono (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2020; SHARMA *et al.*, 2023; LÓPEZ-HERNANDEZ *et al.*, 2023), quando comparado aos pastos em monocultivos de gramíneas, contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo (SOLLENBERGER; DUBEUX JÚNIOR, 2022; SIMÕES *et al.*, 2023), recuperação de áreas degradadas (POLANÍA-HINCAPIÉ *et al.*, 2021; KUMAR *et al.*, 2022), realização de serviços ecossistêmicos (SOLLENBERGER *et al.*, 2019; DURAN-BAUTISTA *et al.*, 2023), aumento da taxa de infiltração de água no solo (BOSI *et al.*, 2020; SIMÕES *et al.*, 2023), melhoria da fertilidade do solo (MORENO-GALVÁN *et al.*, 2023), mitigação da emissão de metano entérico (FLORES-COELLO *et al.*, 2023) e bem estar animal (UDAWATTA *et al.*, 2024).

O sombreamento do estrato herbáceo do sistema, promovido pelas árvores, pode

influenciar ou não o valor nutritivo (SILVA *et al.*, 2020; PACIULLO *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022a; SANTOS *et al.*, 2023), o consumo de forragem e desempenho animal (SANTOS *et al.*, 2019; RIPAMONTI *et al.*, 2023; DE-SOUZA *et al.*, 2023). Assim, é importante compreender o valor nutritivo e desempenho animal quando os animais pastejam gramíneas forrageiras em SSPs, de maneira que proporcione tomadas de decisões e ações de manejo mais eficientes nesses sistemas integrados (GOMES *et al.*, 2022).

O valor nutritivo do componente herbáceo pode ser semelhante, ou até maior quando as forrageiras são cultivadas em SSP (GOMES *et al.*, 2020), em relação ao seu monocultivo (PANG *et al.*, 2019b), desde que a competição por nutrientes e água permaneça reduzida (PANG *et al.*, 2019a). No entanto, quando ocorre efeito acentuado do sombreamento pode ocorrer redução nos valores de algumas características nutricionais, como a fibra em detergente neutro (FDN) na forragem do capim-braquiária (SANTOS *et al.*, 2023). Levando em consideração a competição por água e nutrientes entre os componentes arbóreo e herbáceo, é importante planejar um arranjo adequado das árvores em SSP para minimizar o impacto da sombra das copas destas, bem como a redução de água disponível no solo, ambos para o componente herbáceo.

Santos *et al.* (2019) verificaram que no SSP de capim-braquiária com sabiá em filas duplas, espaçadas em 15 m, ocorreu forte efeito de competição nas faixas do capim-braquiária, afetando negativamente o desempenho animal no SSP. Ripamonti *et al.* (2023) relataram redução da oferta de forragem em SSP, o que limitou o consumo de forragem pelos animais em pastejo. No entanto, Monteiro *et al.* (2024) avaliaram sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e a taxa de lotação (TL) variou de 2,4 a 3,2 UA ha⁻¹, o que representou incremento na produção por área, visto que corresponde a um aumento de 166% e 255%, respectivamente, referente à média nacional de TL de 0,9 UA ha⁻¹ (ABIEC, 2022). Enquanto isso, Barsotti *et al.* (2024) observaram que o sombreamento em sistemas silvipastoris afeta o padrão diário de comportamento animal; além disso, esses sistemas integrados melhoraram a eficiência da conversão alimentar e a produtividade da água.

Entretanto, Carvalho *et al.* (2022a), avaliando o desenvolvimento inicial (29 meses) das árvores nas fileiras duplas (espaçadas de 25 m), não verificaram influência do componente arbóreo no valor nutritivo da braquiária e no desempenho animal de bovinos em crescimento. Já Paciullo *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2023) verificaram que o valor nutritivo do estrato herbáceo foi influenciado positivamente pela presença das árvores em arranjos com diferentes espécies de *Eucalyptus* spp.

No entanto, ainda não se tem informações de longo prazo a respeito da influência de espécies arbóreas consorciadas com capim-braquiária no valor nutritivo do estrato herbáceo, nas condições do Agreste Meridional do estado de Pernambuco. Assim, têm-se como hipóteses no presente estudo: (i) no arranjo avaliado, o componente arbóreo pode influenciar a massa de forragem e o valor nutritivo do capim-braquiária, bem como o desempenho animal em SSP; (ii) provavelmente devido ao microclima criado entre os renques das árvores em sistemas silvipastoris, ocorre maior conforto térmico dos animais nesse tipo de sistema, conseqüentemente, maior consumo de forragem pelos animais em SSP. Com isso, objetivou-se avaliar o valor nutritivo do capim-braquiária, consumo de forragem e o desempenho animal em pastagens sob diferentes sistemas de cultivo, no Agreste Meridional de Pernambuco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Garanhuns-PE ($8^{\circ}53'30''\text{S}$ $36^{\circ}30'00''\text{W}$), situada a 842 m de altitude (Figura 1), no período de agosto/2020 a julho/2021 (primeira estação de pastejo-EP) e de outubro/2021 a setembro/2022 (segunda EP). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é tropical úmido e seco (Aw). A temperatura média anual é de $22,8^{\circ}\text{C}$, com precipitação média anual de 866 mm (BARBOSA *et al.*, 2016).

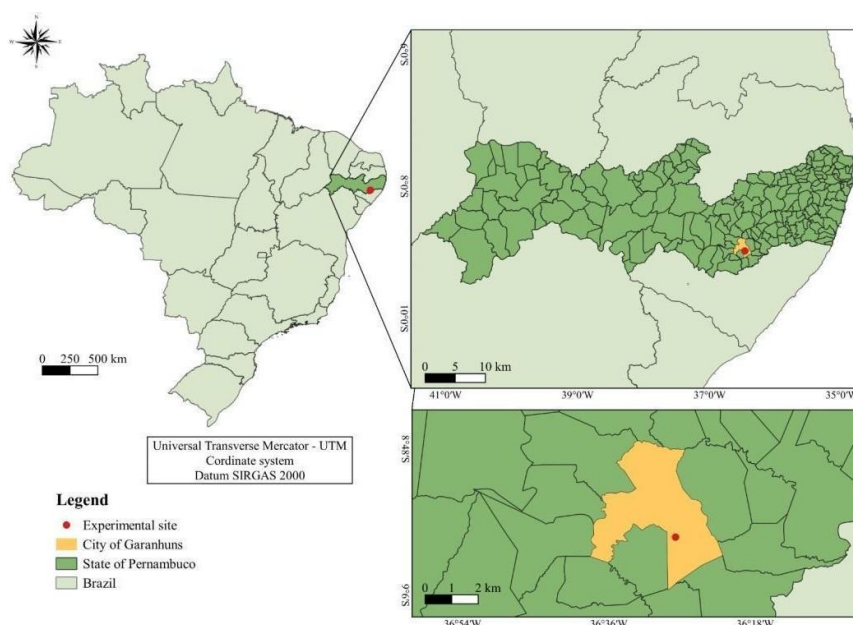


Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, no município de Garanhuns-PE. Fonte: Pessoa *et al.* (2024).

O balanço hídrico sequencial (BHS) (Figura 2), foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) em planilhas de excel (ROLIM *et al.*, 1998), sendo considerados período chuvoso os meses que obtiveram balanço hídrico positivo ou nulo, correspondendo aos meses de abril a julho de 2021 e de abril a agosto de 2022. A denominação de período seco foi atribuída aos meses com balanço hídrico negativo, correspondendo aos meses de agosto de 2020 a março de 2021, outubro de 2021 a março de 2022, agosto e setembro de 2022. A distribuição mensal das chuvas e as temperaturas médias durante o período experimental são descritos na Figura 2. A precipitação acumulada durante todo o período experimental foi de 1.720 mm.

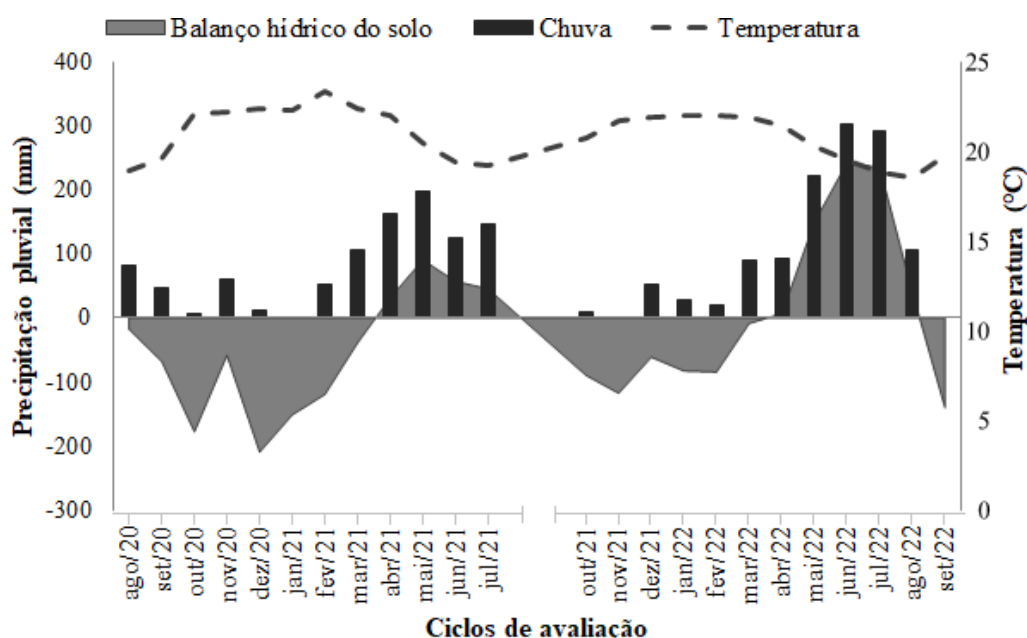


Figura 2. Precipitação, temperatura média e balanço hídrico de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo, com textura franco-argilosa. Essa classificação de solo é equivalente a Argissolo Amarelo pela Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) (Grupo de trabalho IUSS, 2014). A coleta do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, na área experimental durante a implantação do experimento. O solo apresentou as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,3; P (Mehlich-I) = 2,0 mg dm⁻³; Na = 0,006 cmolc dm⁻³; K = 0,19 cmolc dm⁻³; Ca = 0,35 cmolc dm⁻³; Mg = 0,53 cmolc dm⁻³; Al = 0,95 cmolc dm⁻³; H = 4,95 cmolc dm⁻³; soma de bases = 1,15 cmolc dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 7,05 cmolc dm⁻³; V = 16% e m = 46,5%, a análise do solo seguiu os métodos recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Realizou-se a correção do solo 60 dias antes do plantio das filas duplas de leguminosa (agosto/2017), usando calcário dolomítico [54,3% de carbonato de cálcio (CaCO_3) e 45,7% de carbonato de magnésio (MgCO_3), PRNT = 90%] em área total, na quantidade de $2,5 \text{ t ha}^{-1}$. No momento do plantio foi realizada a adubação para a cultura de sabiá, com $30 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ [cloreto de potássio – KCL (60% K)] e $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ [superfosfato simples – SFS (18% P_2O_5)], seguindo as recomendações de Cavalcanti *et al.* (2008), para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Durante o período experimental de agosto de 2020 a setembro de 2022, as pastagens não foram adubadas.

2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi estabelecido em áreas de capim-braquiária já existentes na fazenda desde o ano de 1998. Os tratamentos consistiram de monocultivo de capim-braquiária e sistema silvipastoril (SSP) de capim-braquiária+sabiá, arranjados em delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo as parcelas experimentais constituídas de piquetes de 1 ha.

No SSP, as mudas de sabiá foram plantadas em sulcos de $15 \times 15 \text{ cm}$, no sentido leste-oeste, em fileiras duplas espaçadas em $25 \times 2 \times 1 \text{ m}$ em outubro de 2017, com alguns replantios realizados em maio e julho de 2018, formando uma população de $600 \text{ árvores ha}^{-1}$. A área experimental ficou diferida e sem a presença dos animais antes de iniciar a primeira estação de pastejo por 170 dias de março a agosto/2020 e antes do início da segunda estação de pastejo por 83 dias (julho a setembro/2021). No início do ensaio de pastejo (setembro/2020), as árvores já apresentavam em média $2,5 \text{ m}$ de altura (CARVALHO *et al.*, 2022a). A massa de cobertura (folhas e caule $\leq 5 \text{ mm}$ de diâmetro) fornecida pela leguminosa de até $1,5 \text{ m}$ de altura variou de 218 a $1.015 \text{ kg MS ha}^{-1}$ nas temporadas 2019-2021 (OLIVEIRA NETO, 2022).

2.2 MASSA DE FORRAGEM E COLETA DE AMOSTRAS

A massa de forragem (MF) do capim-braquiária foi estimada pela adaptação do método de dupla amostragem (HAYDOCK; SHAW, 1975), a cada 28 dias. A medida direta consistiu, mediante colheita de seis quadrantes de $0,25 \text{ m}^2$ /parcela, a 5 cm do nível do solo. As amostras colhidas foram atribuídas uma pontuação visual, variando dois pontos de referência de máxima, dois intermediários e dois de mínima de massa de forragem. Equações de

regressão foram desenvolvidas usando esses dados pareados. Nesses mesmos pontos de coleta foi mensurada a altura do dossel. Além disso, foram realizadas 50 pontuações de altura em cada parcela com uma régua graduada tomando-se como base a inflexão da última folha completamente expandida do capim-braquiária. A média dessas 50 medições de altura foi utilizada na equação de regressão para estimar a massa de forragem (PEDREIRA, 2002). As equações de regressão para a massa de forragem seca verde foram desenvolvidas de forma semelhante à descrita para a massa de forragem total.

As amostras de capim-braquiária para determinação da composição bromatológica e digestibilidade foram obtidas a partir da massa de forragem coletadas, conforme descrito anteriormente, representativos dos pontos de cada parcela/unidade experimental.

Após o corte da *U. decumbens*, foi realizada a separação em material verde e senescente e, no material verde, as frações folha e colmo+bainha, seguido da pré-secagem das amostras em estufa de circulação forçada de ar, a 55 °C, até peso constante. Logo após, realizou-se a proporção do componente folha e colmo das amostras vegetais, visando à redução da amostra e sua homogeneização, originando uma amostra composta do capim-braquiária por sistema de cultivo (monocultivo e SSP), para que fosse garantida a representatividade do material coletado (PROCTOR; MEULLENET, 1998).

Em seguida, ocorreu o processamento físico em moinho de facas tipo Willey, buscando a redução de partículas a 1 mm, para determinação das variáveis da composição bromatológica e, a 2 mm, para estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (folha e colmo+bainha).

2.3 VALOR NUTRITIVO E CONSUMO DE FORRAGEM

Após coleta e processamento das amostras, realizaram-se os procedimentos descritos pela *Association of Official Agricultural Chemists International* (AOAC, 1990) para determinação dos teores de matéria seca (MS), pelo método 967.03; matéria mineral (MM), método 942.05 e proteína bruta (PB), método 988.05. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram obtidos segundo metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991), adaptada por Senger *et al.* (2008), quanto à utilização de autoclave com temperatura de 110 °C, por 40 minutos.

Para estimativa dos teores de lignina foi seguido o método 973.18 (AOAC, 2002), os resíduos das amostras de FDA foram imersas em ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST *et al.*, 1991), visando à solubilização da celulose, obtendo-se no, final da análise, a lignina digerida em ácido (LDA). As frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram calculadas pelas

equações: $HEM = FDN - FDA$ e $CEL = FDA - LDA$.

A estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi estimada pela metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), com as modificações propostas por Holden (1999), a partir da incubação *in vitro* das amostras em sacos de TNT (tecido não tecido). Após isso, foi adicionada a solução tampão proposta por McDougall (1948) e inóculo ruminal nos jarros do equipamento rúmen artificial DAISYII Incubator (ANKOM® Technology). Após 48 horas de incubação, 40 mL de solução de HCl (6N) e 8g de pepsina foram adicionados a cada frasco e, após o período de incubação de 24 horas, os sacos contendo os resíduos foram lavados e secos em estufa, a 105 °C, até peso constante e, depois, pesados. O inóculo ruminal foi obtido a partir de amostras compostas das frações sólidas e líquida do conteúdo ruminal de bovino (fêmea) girolando adulto fistulado no rúmen, com 410 ± 10 kg PVC (peso vivo corporal). A DIVMS foi obtida por meio da seguinte equação:

$$DIVMS\% = \left[100 - \left(\frac{w3 - (w1 * w4)}{w2} \right) * 100 \right]$$

Em que:

W1 = peso da tara dos sacos TNT;

W2 = peso das amostras;

W3 = peso dos sacos TNT final após as 24 horas de digestão com pepsina + HCL;

W4 = correção dos sacos TNT em branco (peso do saco TNT em branco após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL/peso do saco TNT inicial).

As análises foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal, Prof. Sílvio Parente Viana (LNA) e de Forragicultura, Prof. Iderval Farias, ambos situados no Departamento de Zootecnia, na UFRPE-Recife.

A estimativa do consumo de forragem teve início com a quantificação da excreção fecal e digestibilidade do capim-braquiária. Foram coletadas amostras de fezes no final do período experimental (22/09/2022), na transição dos períodos chuvoso-seco. Para a estimativa da excreção fecal, foi utilizada a lignina purificada e enriquecida (LIPE®), por intermédio da relação entre dose e concentração fecal do indicador externo. As cápsulas de LIPE® foram administradas via oral para os animais, na dosagem única e diária de 0,25 g animal⁻¹ dia⁻¹, pela manhã, durante sete dias, sendo dois dias de adaptação e cinco dias de coleta de fezes, colhidas diretamente em ampola retal (SALIBA *et al.*, 2015).

Ao final do período de coleta, foi realizada uma amostra composta das fezes de cada animal. As amostras foram secas e moídas em peneiras de 1 e 2 mm, para posteriores análises da concentração do LIPE® e FDN_i, respectivamente. Essas estimativas

ocorreram por espectroscopia no infravermelho, utilizando o equipamento model Watson Galaxy, série FT- IR 3000. A produção fecal foi estimada conforme descrito por Saliba *et al.* (2015). A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi utilizada como indicador interno para estimativa do consumo à pasto.

Excreção fecal:

$$PF = \frac{\text{LIPE fornecido}}{\text{Concentração LIPE fezes}}$$

O consumo:

$$CMS = \frac{\text{Produção fecal}}{(1-\text{Digestibilidade})}$$

As amostras compostas de fezes pré-secas e moídas a 2 mm foram utilizadas para estimativa da excreção fecal total, por meio de seu conteúdo de FDNi. Do mesmo modo, o conteúdo de FDNi do capim-braquiária (22/09/2022) foi utilizado para estimativa da quantidade de FDNi consumido. Todos os procedimentos para determinação da FDNi seguiram a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2021).

A quantidade de FDNi presente nas amostras foi determinada por meio da incubação da forragem e fezes (0,80 g) no rúmen de um bovino (fêmea) girolando adulto por 288 horas, segundo recomendações de Detmann *et al.* (2021). A pesagem e incubação das amostras foi realizada em sacos de tecido não-tecido (TNT), medindo 6 cm x 11 cm.

2.4 MANEJO E RESPOSTAS DOS ANIMAIS

A primeira EP (2020/2021) ocorreu de setembro de 2020 (quando as árvores do SSP apresentavam, em média, 250 cm de altura) até agosto de 2021. Após esse período, a área experimental ficou diferida por 83 dias, quando teve início a segunda EP (2021/2022 - outubro de 2021 a setembro de 2022). Bezerros mestiços não castrados Holandês x Zebu, com peso corporal inicial médio (PV) de 186 ± 26 kg foram utilizados na primeira EP, enquanto o lote da segunda EP apresentou peso corporal inicial médio de 145 ± 33 kg. Em ambas as EPs, os animais foram distribuídos às parcelas experimentais sob lotação contínua, com taxa de lotação variável (MOTT; LUCAS, 1952), utilizando-se dois animais de teste por piquete. Os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum* em todos os piquetes.

A taxa de lotação (TL) foi calculada com base no peso metabólico (peso corporal^{0,75}) dos animais testadores e por intermédio da metodologia ‘put-and-take’. O ajuste da TL foi realizado a cada 28 dias, em função da relação entre a massa de forragem e o peso corporal dos animais (SOLLENBERGER *et al.*, 2005), buscando-se a manutenção de uma oferta de forragem (OF) próxima de 3 kg de MS verde por kg⁻¹ de PC (CARVALHO *et al.*, 2022a,b). A

biomassa da Sabiá não foi considerada como oferta de forragem, pois dificilmente foi observado consumo desta pelos animais. Sempre que a oferta superava 3 kg de MS verde por kg^{-1} de PC, foram introduzidos animais de ajuste nas parcelas experimentais. Os animais testadores foram pesados a cada 28 dias, após jejum de sólidos e líquido de 12h. A certificação protocolada na Comissão de ética no Uso de Animais (CEUA/UFRPE) foi de nº 3695240820 (ID 000457).

O desempenho animal foi avaliado por meio do ganho médio diário (GMD), estimado pela diferença de peso no início e no final de cada ciclo de avaliação (28 dias); o ganho de peso por área (GPA) foi estimado pela multiplicação do GMD pela taxa de lotação e pelo intervalo de 28 dias, enquanto o ganho de peso total/área (GPT) foi quantificado pela soma do ganho por área de todos os ciclos durante as duas estações de pastejo.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade, Bartlett dos resíduos. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados para raiz quadrada (\sqrt{x}). Após atender as premissas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o PROC MIXED do SAS (software SAS on Demand). Os tratamentos (sistemas de cultivo), os períodos chuvoso e seco, a estação de pastejo e a interação entre eles foram considerados efeitos fixos, enquanto os blocos foram considerados efeitos aleatórios. As médias foram comparadas pelo PDIFF, ajustado por Tukey e as diferenças estatísticas foram consideradas significativas quando $P \leq 0,05$. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + I_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\beta I)_{jk} + \gamma_k + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} é a variável dependente; μ é a média geral; α_i é o efeito fixo dos tratamentos; β_j é o efeito fixo dos períodos do ano; I_k é o efeito da estação de pastejo; $(\beta I)_{jk}$ é o efeito da interação entre períodos do ano e estação de pastejo; γ_k é o efeito aleatório do bloco; e e_{ijk} é o erro residual.

3 RESULTADOS

3.1 MASSA DE FORRAGEM TOTAL SECA VERDE

As massas de forragem total e seca verde foram influenciadas ($P < 0,05$) apenas para estação de pastejo (Figura 3). Na primeira EP foi observada maior massa de forragem total

(Figura 3A) e seca verde (Figura 3B) em relação à segunda EP (Figura 3).

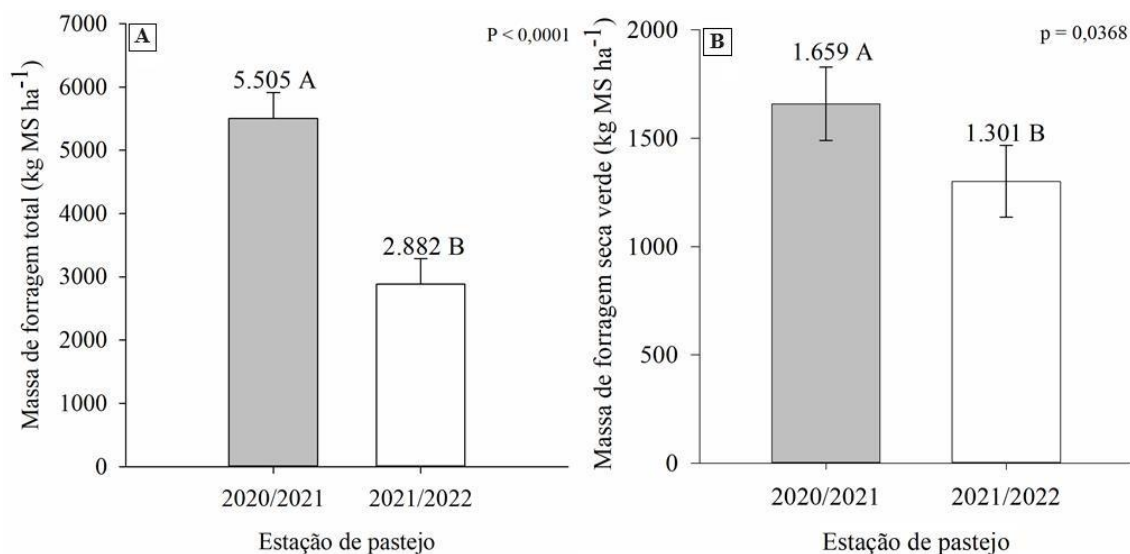


Figura 3. Efeito da estação de pastejo para massa de forragem de total (A) e seca verde (B) do capim-braquiária no Agreste de Pernambuco. Médias com letras distintas nas barras diferem entre pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio.

3.2 VALOR NUTRITIVO DA *UROCHLOA DECUMBENS*

Não houve efeito do sistema de cultivo ($P > 0,05$) sobre o valor nutritivo do capim-braquiária (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), matéria orgânica (MO), matéria mineral mineral (MM) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de *Urochloa decumbens* em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP); Garanhuns-PE.

Variável (g kg ⁻¹)	Sistema de cultivo			EPM
	Capim-braquiária	Silvipastoril	p-valor	
MS	341	313	0,2467	12,58
MM	83	85	0,6855	2,87
MO	917	915	0,6855	2,87
PB	83	106	0,1052	7,79
FDN	709	686	0,2211	9,01
FDA	318	315	0,7707	6,03
HEM	391	379	0,1964	4,38
CEL	264	258	0,4593	4,69
LIG	54	56	0,6626	3,23
DIVMS	633	654	0,3159	13,34

EPM: erro padrão da média.

Os teores de MS e FDN foram influenciados pela EP (Figura 4A e 4B, respectivamente). O maior teor de MS ocorreu na primeira EP (Figura 4A), enquanto o maior e menor teor de FDN foi observado na primeira e segunda EP, respectivamente (Figura 4B).

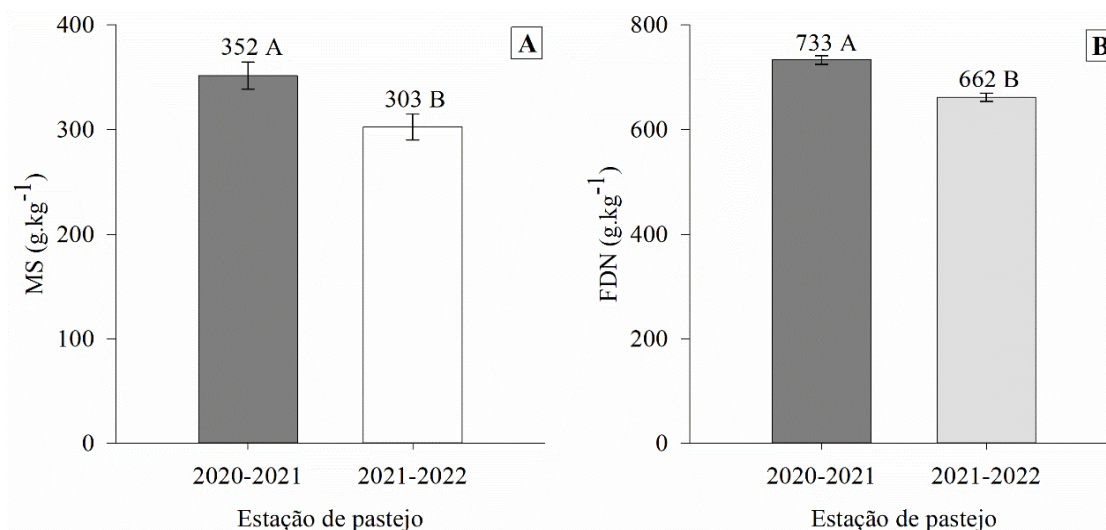


Figura 4. Efeito da estação de pastejo no teor de MS e FDN do capim-braquiária em monocultivo e SSP no Agreste de Pernambuco. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio (EPM).

Foram observadas interações significativas sistema de cultivo x período do ano para os teores de MM, MO e PB (Tabela 2). As maiores concentrações de MM e MO ocorreram no período chuvoso e seco, respectivamente, em ambos os sistemas de cultivo. O maior teor de PB ($127 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) foi observado no período chuvoso no SSP; além disso, os menores teores de PB ocorreram no período seco, independente do sistema de cultivo (Tabela 2).

Tabela 2. Interação sistema de cultivo x período do ano para os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) do capim-braquiária sob pastejo; Garanhuns-PE.

Período do ano	Sistema de cultivo		P	EPM
	Monocultivo	Silvipastoril		
	MM (g kg ⁻¹)			
Chuvoso	91 Aa	98 Aa	0,1523	4,69
Seco	75 Ab	72 Ab	0,4915	4,28
P	<0,0001	<0,0001		
	MO (g kg ⁻¹)			
Chuvoso	909 Ab	902 Ab	0,1523	4,69
Seco	925 Aa	928 Aa	0,4915	4,28
P	<0,0001	<0,0001		
	PB (g kg ⁻¹)			
Chuvoso	94 Ba	127 Aa	0,0015	10,10
Seco	71 Ab	85 Ab	0,1145	8,61
P	0,0004	<0,0001		

EPM: erro padrão médio; Médias seguidas por letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Foram observadas interações significativas período do ano x estação de pastejo para os teores de MM, MO, PB, FDA, HEM, CEL, LIG e coeficiente de DIVMS (Tabela 3).

Os maiores teores de MM ocorreram nas duas EPS, durante o período chuvoso, comportamento inverso aos teores de MO, com os maiores valores observados no período seco, também em ambas as EPs. O maior e menor teor de PB ocorreram nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, da primeira EP. Além disso, o maior teor de FDA ocorreu no período seco da primeira EP e, os menores, em ambos os períodos da segunda EP.

O maior teor de hemicelulose ocorreu no período chuvoso da primeira EP. O maior teor de celulose foi observado no período seco da primeira estação de pastejo, enquanto a menor concentração ocorreu também nesse mesmo período da segunda estação de pastejo. A maior concentração de lignina ocorreu no período seco da primeira estação de pastejo, no entanto, os teores de lignina reduziram em ambos os períodos na segunda estação de pastejo. O menor e maior coeficientes de DIVMS ocorreram no período seco da primeira e segunda estação de pastejo, respectivamente.

Tabela 3. Interação período do ano x estação de pastejo para os teores de matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-braquiária sob pastejo; Garanhuns-PE.

Período	Estação de pastejo		P	EPM
	2020/2021	2021/2022		
MM (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	98 Aa	91 Ba	0,0192	3,05
Seco	70 Bb	77 Ab	0,0054	2,35
P	<0,0001	<0,0001		
MO (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	902 Ab	909 Bb	0,0192	3,05
Seco	929 Aa	923 Ba	0,0054	2,35
P	<0,0001	<0,0001		
PB (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	123 Aa	99 Ba	0,0013	7,47
Seco	69 Bb	86 Aa	0,0014	5,28
P	<0,0001	0,0613		
FDA (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	312 Ab	292 Ba	0,0426	9,69
Seco	376 Aa	284 Ba	<0,0001	7,48
P	<0,0001	0,3248		
HEM (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	407 Aa	384 Ba	0,0246	9,84
Seco	370 Ab	377 Aa	0,3703	7,59
P	<0,0001	0,3953		
CEL (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	250,49 Ab	259,31 Aa	0,3553	9,50
Seco	286,22 Aa	247,55 Ba	<0,0001	7,33
P	<0,0001	0,1588		
LIG (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	62 Ab	33 Ba	0,0001	7,25
Seco	90 Aa	34 Ba	<0,0001	5,59
P	<0,0001	0,8158		
DIVMS (g kg ⁻¹)				
Chuvoso	679 Aa	659 Aa	0,4269	25,48
Seco	542 Bb	692 Aa	<0,0001	19,65
P	<0,0001	0,5605		

EPM: erro padrão médio. Médias seguidas por letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.2.1 Desempenho animal

Houve efeito do sistema de cultivo ($p = 0,0387$) para o consumo de matéria seca (CMS)(Figura 5), tendo sido observado maior CMS no SSP (3,2 kg MS kg animal⁻¹ d⁻¹), em relação ao monocultivo de capim-braquiária (2,5 kg MS kg animal⁻¹ d⁻¹).

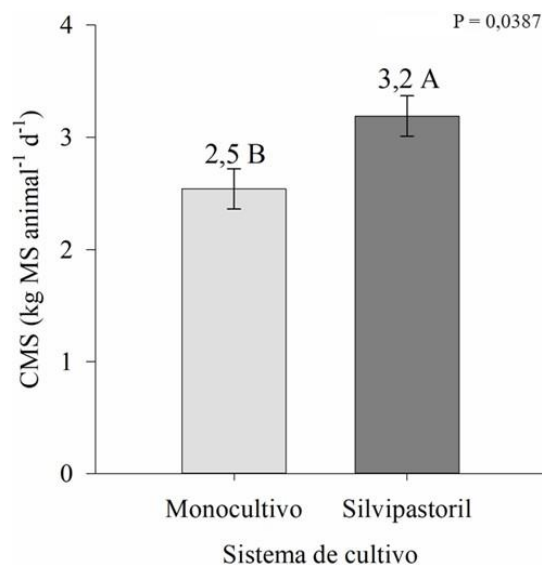


Figura 5. Consumo de matéria seca (CMS) de bovinos em crescimento em diferentes sistemas de cultivo no Agreste de Pernambuco. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio (EPM).

Não houve efeito de sistema de cultivo ($P > 0,05$) para OF, TL, GMD, GPA e GPT (Tabela 4).

Tabela 4. Oferta de forragem (OF), taxa de lotação (TL), ganho de peso diário (GMD), ganho de peso por área (GPA) e ganho de peso total (GPT) de *Urochloa decumbens* em monocultivo e sistema silvipastoril (SSP); Garanhuns-PE.

Variável	Sistema de cultivo			EPM
	Capim-braquiária	SSP-sabiá	P	
OF (kg MSV / kg ⁻¹ PC)	2,34	2,27	0,8112	0,18
TL (UA ha ⁻¹)	1,41	1,30	0,4392	0,08
GMD (kg animal ⁻¹ dia ⁻¹)	0,404	0,316	0,2689	0,04
GPA (kg ha ⁻¹ 28 dias ⁻¹)	15,56	11,55	0,3358	2,26
GPT (kg ha ⁻¹ 24 meses ⁻¹)	359	260	0,3216	53,53

EPM: erro padrão da média.

Houve efeito do período do ano sobre a OF, taxa de lotação e ganho por área (Figura 6). A oferta de forragem foi maior no período chuvoso, enquanto a menor OF ocorreu no período seco (Figura 6A). A maior TL foi observada no período seco, em comparação ao chuvoso (Figura 6B). O GPA seguiu o mesmo comportamento da OF, tendo sido observado o maior valor médio no período chuvoso, em comparação ao período seco (Figura 6C).

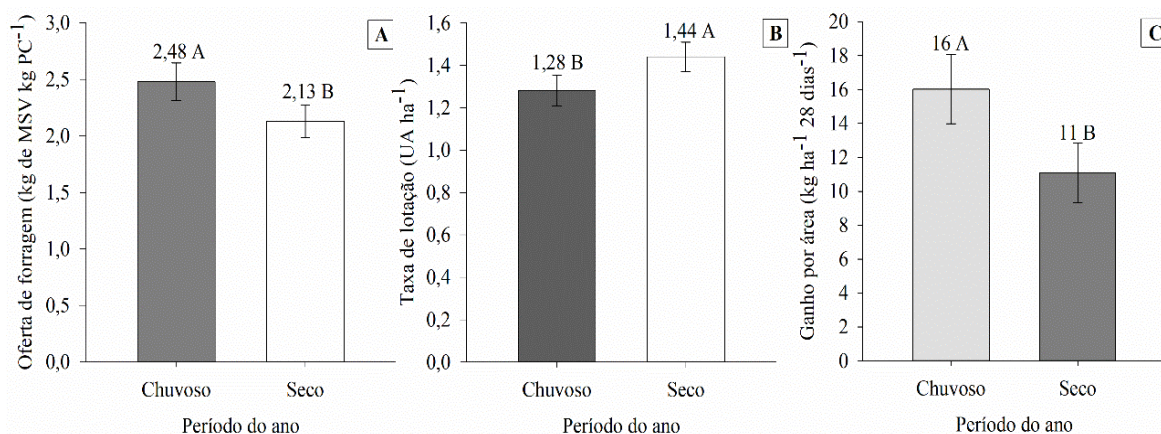


Figura 6. Efeito dos períodos do ano na oferta de forragem, taxa de lotação e ganho por área em bezerros criados a pasto em monocultivo e sistema silvipastoril no Agreste de Pernambuco. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio (EPM).

Houve efeito isolado da EP ($P < 0,05$) na TL e GPA (Figura 7), com maiores valores de ambas as variáveis obtidos na primeira EP.

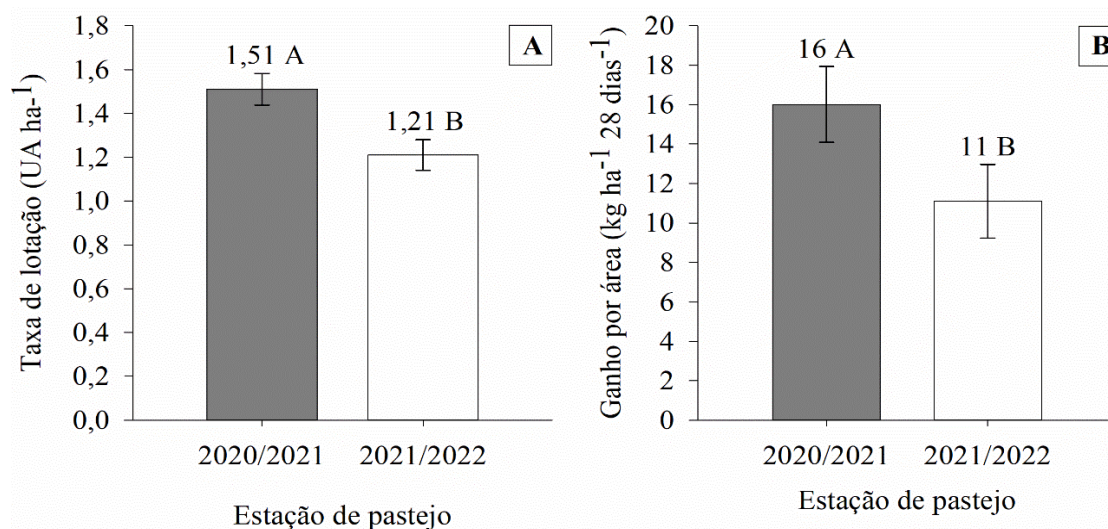


Figura 7. Efeito das estações de pastejo na taxa de lotação e ganho por área em bezerros criados a pasto em monocultivo e sistema silvipastoril no Agreste de Pernambuco. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($P \leq 0,05$). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão médio (EPM).

Foi observada interação período do ano x estação de pastejo para o ganho médio diário (Tabela 5), tendo sido observado o maior valor no período chuvoso ($0,527 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), enquanto o menor GMD ocorreu no período seco ($0,228 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), ambos na primeira EP. O GMD sofreu redução de 56% no período seco na primeira EP. No entanto, na segunda EP não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) para o GMD entre os períodos do ano (Tabela 5).

Tabela 5. Interação período do ano x estação de pastejo para o ganho médio diário (GMD) de bezerros em pastejo em monocultivo de capim-braquiária e em sistema silvipastoril, no Agreste de Pernambuco.

Período	Estação de pastejo		P	EPM
	2020/2021	2021/2022		
Chuvoso	0,527 Aa	0,383 Bb	0,0323	0,066
Seco	0,228 Ab	0,303 Ab	0,1502	0,051
P	<0,0001	0,1721		

Médias seguidas por letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4 DISCUSSÃO

As maiores massas de forragem total (MF) e seca verde (MFV) na primeira estação de pastejo (Figura 3) podem ser explicadas pelo período de descanso de 170 dias antes de iniciar o experimento (agosto/2020), devido ao início da pandemia da covid-19. Além disso, a redução da MFV na segunda EP pode ser condicionada ao efeito do pastejo pelos animais. Nas estações de pastejo ocorreu flutuação na massa de forragem verde ao longo das avaliações, pois ocorreram picos da MFV no início do período chuvoso e redução nos meses de baixa precipitação (Figura 2), caracterizando forte estacionalidade na produção de forragem durante o período experimental (PACIULLO *et al.*, 2009).

Possivelmente a ausência de efeito de sistema de cultivo ($P > 0,05$) no valor nutritivo do capim-braquiária tenha sido por conta do espaçamento das filas duplas da sabiá de 25 metros. Carvalho *et al.* (2022) e Oliveira Neto (2022), avaliando o valor nutritivo do capim-braquiária na fase de estabelecimento das árvores, na mesma área experimental, também não observaram efeito do sistema de cultivo, com as árvores apresentando 29 meses e 38 meses após o plantio das mudas, respectivamente para os dois trabalhos. Vale salientar que, no presente estudo, as árvores já se encontravam com três anos de idade e média de altura de 2,6 metros e, portanto, com uma projeção de copa considerável, diferente do estudo de Carvalho *et al.* (2022), no qual as plantas de sabiá encontravam-se com média de altura de 1,2 m. Em estudos com menor espaçamento entre as árvores (LIMA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2023), foram observados efeitos do sombreamento sobre o valor nutritivo do capim-braquiária.

Carvalho *et al.* (2022) relataram que as variações climáticas sazonais influenciam o teor de umidade do solo, o que, provavelmente, interferiu no teor de MS nas estações de pastejo (Figura 3A) do capim-braquiária, no presente estudo. Considerando as estações de pastejo comparados aos anos de avaliação observados por Oliveira Neto (2022), na mesma área experimental, o teor de MS médio (326 g kg⁻¹ MS) do presente estudo é distinto do relatado (392 g kg⁻¹ MS) por esse autor. É provável que tal variação tenha ocorrido pelas

maiores diferenças na altura do dossel relatada por aquele autor, assim, por já terem ultrapassado a fase vegetativa, as plantas teriam acumulado mais matéria seca.

O maior teor de FDN na EP 2020/2021 (Figura 4B) pode ser associado à maior taxa de crescimento e, portanto, maior proporção de tecido esclerenquimático (DEINUM *et al.*, 1996), como também em condições de sombreamento, como ocorre em SSP, em função do estiolamento da planta aumentando a participação de colmos e, conseqüentemente, elevando os teores de FDN. A redução do teor de FDN na segunda EP pode estar relacionada com a maior proporção de folhas (29%) em relação ao componente colmo (20%) nessa estação, enquanto a maior FDN na primeira EP pode ser associada à redução na proporção de folhas (18%) e aumento de material senescente (67%) nessa estação.

No Agreste de Pernambuco, Carvalho *et al.* (2022) avaliaram o valor nutritivo do capim-braquiária em monocultivo e SSP e não observaram efeito do sistema de cultivo no teor de FDN, observando variação apenas no teor de FDN com o decorrer dos ciclos de avaliação, variando de 732 a 775 g.kg⁻¹ MS, e o maior teor evidenciado com a maior participação de colmos, no mês de abril/2019. Vale salientar que esses autores destacaram que essa variável foi a que menos apresentou influência sazonal ao longo dos ciclos de avaliação, diferente do observado no presente estudo, que variou entre as EP (Figura 4B). De acordo com Van Soest (1994), o consumo de forragem é inversamente relacionado ao teor de FDN, sobretudo em dietas com teores de FDN superiores a 600 g kg⁻¹ MS. Lana *et al.* (2016) relataram que, durante o período seco, a forragem tende a apresentar maiores teores de FDN, conseqüentemente, reduzindo a digestibilidade, fato este observado na EP 2020/2021 (Figura 4B).

Em relação às concentrações de MM (Tabela 2), no período seco houve redução na proporção de folhas, conseqüentemente, resultou na redução do teor de MM do capim-braquiária, visto que a folha representa a maior quantidade de minerais da forragem, quando comparado aos colmos (LUO *et al.*, 2021). Inversamente ao observado para MM, os maiores teores de MO ocorreram no período seco (Tabela 2). Tal resultado pode ser explicado pela maior síntese de tecidos orgânicos com o avanço da maturidade das plantas, levando a uma redução na proporção de matéria mineral na composição final da planta (ULLAH *et al.*, 2010), durante o período de limitação hídrica (Figura 2).

A maior concentração de PB no período chuvoso em SSP (Tabela 2) pode ser explicado pela contribuição da sabiá nesse tipo de sistema. Em estudo análogo ao presente, avaliando SSPs de capim-braquiária com filas duplas de sabiá, espaçadas de 15 metros (densidade de 2.500* plantas ha⁻¹), na Zona da Mata de Pernambuco, Apolinário *et al.* (2016)

demonstraram o fornecimento de, aproximadamente, 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ ao solo. Assim, mesmo com a ausência de reposição de nutrientes durante o período experimental, é possível que a sabiá tenha incrementado o aporte de N ao solo, via serrapilheira (CHATTERJEE *et al.*, 2018; HERRERA *et al.*, 2020; PESSOA *et al.*, 2024) e também via fixação biológica de N (APOLINÁRIO *et al.*, 2015; LIRA JR *et al.*, 2020; FIGUEIREDO *et al.*, 2023), podendo contribuir para o incremento do teor de PB (Tabela 2) do capim-braquiária. Segundo Paciullo *et al.* (2021), os SSPs com leguminosas vem sendo tidos como alternativa para aumentar o teor de proteína bruta do estrato herbáceo do sistema.

Outra suposição em relação ao maior teor de PB no SSP (Tabela 2) que pode ser considerada é que o capim-braquiária se mantém mais jovem (prolonga a fase vegetativa), o que promove alta taxa metabólica celular e menor acúmulo de fibras (FERREIRA *et al.*, 2023), tal processo fisiológico indica que o capim-braquiária continua acumulando N nos tecidos, em vez de aumentar a produtividade (SANTOS *et al.*, 2023). A maior proporção de folhas durante o período chuvoso tende a ter relação direta com o aumento do teor de PB (SILVA *et al.*, 2006; PACIULLO *et al.*, 2021). Os valores de PB em SSP (Tabela 2) obtidos no presente estudo estão 55% acima do limite de 70 g.kg⁻¹ MS predito para manutenção da atividade ruminal, pois atendem as exigências para manutenção dos microrganismos no rúmen (VAN SOEST, 1994). Entretanto, o incremento de PB em SSP no período chuvoso, em relação ao monocultivo (Tabela 2), correspondeu a 33 g kg⁻¹ MS de PB. Lima *et al.* (2019), avaliando o valor nutritivo dos componentes vegetais em SSPs, também evidenciaram incremento semelhante em relação aos pastos de *U. decumbens* explorados em monocultivo.

As maiores concentrações de MM no período chuvoso (Tabela 3) deve ser decorrente da maior proporção de folhas (31,34%) observada nesses períodos, em ambas as estações. Além disso, mesmo ocorrendo redução da MM na segunda estação de pastejo, foi observado 29,33% de folhas nesta EP, representando um incremento de 11% em relação à primeira EP (17,8%). A folha representa o constituinte morfológico mais digestível da planta quando comparada ao colmo, por apresentar maior concentração de nutrientes.

Em relação aos maiores teores de FDA (Tabela 3), a baixa relação folha:colmo (0,73) durante o período seco da primeira EP, devido a maior participação de colmos (16,4%), contribuiu para aumentar o teor de FDA nesse período. No entanto, os teores de FDA sofreram redução nos períodos chuvoso e seco da EP 2021/2022, visto que nessa estação a maior relação folha:colmo contribuiu para tal resultado. De acordo com Habermann *et al.* (2019), quanto maior a fibra, menor será a concentração de proteína e, conseqüentemente, menor será a digestibilidade. Nas condições climáticas locais do presente estudo, na transição

do período chuvoso-seco (Figura 2), o crescimento do capim-braquiária é acelerado e pode resultar em maior produção de biomassa, incluindo fibras, pois à medida que a planta amadurece, ocorre aumento na espessura das paredes celulares, aumentando o teor de fibras, resultando em aumento da FDA (FERREIRA *et al.*, 2023). Além disso, os teores de FDA, CEL e LIG foram reduzidos na segunda estação de pastejo, provavelmente devido a maior participação de folhas (29,3%) na forragem durante esta EP.

O maior teor de hemicelulose (Tabela 3) no capim-braquiária na primeira estação de pastejo pode ser explicado pelos maiores valores de altura do dossel e teor de FDN (Figura 4B). No entanto, maiores teores de HEM na composição química das plantas podem trazer alguns benefícios aos ruminantes, devido a maior facilidade dos microrganismos do rúmen degradar essa fração no trato digestivo, em comparação com a CEL e LIG (LI, 2021).

Na primeira EP, a concentração de lignina aumentou do período chuvoso para o seco (62 vs. 90 g kg⁻¹ MS) (Tabela 3), enquanto na segunda EP, a LIG obteve comportamento semelhante aos teores de CEL, com redução dos teores nessa estação em relação à primeira EP no período seco (90 vs. 34 g kg⁻¹ MS), respectivamente. Com o avanço do crescimento do capim-braquiária, ocorre um fluxo progressivo de tecidos fibrosos como forma de aumentar a sustentação da planta (TENIKECIER; ATES, 2021), aumentando assim o conteúdo de LIG.

De acordo com Rupitak e Srisaikham (2021), os teores de LIG variam ao longo do ciclo de crescimento da planta forrageira. Antes do início do experimento, a altura do dossel estava acima de 54 cm e com maior proporção de colmos, pois a área ficou diferida por 170 dias. Esta situação pode explicar o maior conteúdo fibroso na primeira EP, resultado que também afetou a DIVMS (Tabela 3). No entanto, comportamento inverso ocorreu na segunda EP, onde o valor nutritivo melhorou, devido a maior proporção de folhas, menor concentração de fibra (FDN, FDA, CEL e LIG) e menor altura das plantas (28 cm).

A melhoria na DIVMS pode ser explicada pelas melhores características estruturais e morfológicas do pasto, tais como menor altura do dossel, maior proporção de folhas e menor conteúdo de fibras (FDN, FDA, HEM, CEL e LIG) durante a segunda EP.

4.1.1 Consumo de matéria seca e desempenho animal

É provável que o maior CMS no SSP (Figura 5) possa ser atribuído ao bem-estar dos animais, promovido pela sombra das árvores nesse sistema (SANTOS *et al.*, 2020; POUDEL *et al.*, 2022). Thomsen *et al.* (2024) reportaram que novilhas de corte em SSPs apresentaram

temperaturas intravaginais e da pele mais baixas durante as horas mais quentes da tarde (11:50 às 18:30h), em comparação as novilhas em pastejo a pleno sol, indicativo de cargas de energia radiante reduzidas e melhor bem-estar durante o verão em SSPs. Além disso, em bovinos de corte, a redução do consumo de forragem ocorre em temperatura ambiente em torno de 30 °C (BERNABUCCI *et al.*, 2010), o que provavelmente explica o CMS reduzido no monocultivo no último mês (setembro/2022) de avaliação da EP 2021/2022. No presente estudo, essa variável só foi possível ser estimada no final da segunda estação de pastejo, pois, devido ao período da pandemia e logística (manejo e análises laboratoriais), foi inviável realizar no primeiro ano de pastejo.

Na avaliação do CMS em setembro/2022, os pastos já apresentavam redução da massa de forragem e oferta de forragem nessa EP, devido o início do período seco (Figura 2) isso também pode ter contribuído para o CMS ter representado 1,2% do peso vivo dos animais. Além disso, diversos fatores podem limitar o consumo de forragem, tais como o peso e condição corporal, estado fisiológico, quantidade e qualidade da suplementação concentrada, preferências por forragem, disponibilidade de forragem e sistema de pastejo (ALLISON, 1985). A oferta de forragem pode afetar significativamente o consumo de forragem (PIÑA *et al.*, 2020), fato também reportado no estudo de Ripamonti *et al.* (2023), quando os autores relataram que a massa de forragem disponível nas pastagens não foi suficiente para satisfazer as exigências energéticas e proteicas dos animais em pastejo.

Em relação à ausência de efeito de sistema de cultivo ($P>0,05$) no desempenho animal (Tabela 4), o maior espaçamento de 25 m contribuiu para não ocorrer influência do componente arbóreo nas características do pasto da gramínea, mesmo com as árvores apresentando idade mais avançada (três anos). Por exemplo, na mesma área experimental, Carvalho *et al.* (2022b), durante os dois primeiros anos na mesma área experimental do presente estudo, também não constataram influência do sistema de cultivo sobre o desempenho animal em SSP. No estudo desses autores as árvores tinham baixa projeção de copa, situação diferente do nosso estudo que já apresentava copa mais densa e árvores com 3,5 m de altura.

Segundo Costa *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2021), quando as árvores estão totalmente desenvolvidas alcançam a máxima competição por água, luz e nutrientes com os componentes herbáceos e, assim, dependendo do arranjo das árvores, pode reduzir a produtividade do capim, prejudicando o desempenho animal. Entretanto, a ausência de efeito do sistema de cultivo nas variáveis relativas aos animais (Tabela 4), permite inferir que o espaçamento adotado entre as filas duplas de sabiá (25 m) não foi suficiente para promover efeito negativo

no pasto de capim-braquiária.

Em experimento com arranjo similar ao do presente estudo, apenas com espaçamento menor (15 m) entre as filas duplas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) e sabiá, ambas já com oito anos de estabelecimento, realizado em Itambé, Zona da Mata seca de Pernambuco, Santos *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2021a,b) observaram influência da sabiá na braquiária. Os autores demonstraram menores GMD e GPA no SSP com sabiá, quando comparado ao SSP com gliricídia e ao monocultivo de braquiária, mais uma vez reforçando a ideia de que 25 m de espaçamento entre as filas duplas pode ser considerado adequado, em relação à competição das árvores com o estrato herbáceo.

É importante considerar que a OF pretendida foi de 3,0 kg MSV / kg⁻¹ PC⁻¹, no entanto, não foi possível atingir essa OF média nem no período chuvoso, quando se espera maior crescimento do pasto (Figura 6). No período chuvoso da região de Garanhuns, é comum os dias permanecerem boa parte do tempo nublados e com temperaturas abaixo de 20 °C, o que limita o crescimento de gramíneas tropicais, mesmo com água disponível no solo (CARVALHO *et al.*, 2022a).

Nas condições locais do presente estudo, possivelmente o capim-braquiária é prejudicado na sua eficiência fotossintética no período chuvoso, devido à baixa incidência de radiação no dossel forrageiro (dias parcialmente nublados) e baixas temperaturas (<18 °C), assim, o seu crescimento é potencializado na transição do período chuvoso-seco. Considerando a TL média de 1,36 UA ha⁻¹ na presente pesquisa, esse valor é 51% maior que a TL média no Brasil (0,9 UA ha⁻¹; ABIEC, 2022), resultado satisfatório, se levado em conta que os sistemas em estudo foram realizados sem reposição de nutrientes desde o estabelecimento dos mesmos, em 2017.

Em outros estudos com SSPs compostos por capim-braquiária e sabiá, os resultados divergem dos obtidos nesse estudo, por conta de ausência ou presença de efeito do sombreamento das árvores. No estudo de Carvalho *et al.* (2022), na mesma área experimental avaliada na fase de estabelecimento das árvores, os autores obtiveram TL média (1,65 UA ha⁻¹). Este resultado, provavelmente, ocorreu pela ausência de efeito de sombreamento (baixa projeção de copa), visto que as árvores estavam em fase de desenvolvimento inicial. Já Silva *et al.* (2021a), no experimento desenvolvido em Itambé-PE, demonstraram TL bem abaixo da obtida no presente estudo no SSP com sabiá (<0,5 UA ha⁻¹), resultado esse ocorrido em função da reduzida massa de forragem verde nesse tratamento, resultante da elevada competição entre as árvores e capim-braquiária, com espaçamento de 15 m entre as filas duplas das árvores.

A maior quantidade de forragem verde ($1.658 \text{ kg MS ha}^{-1}$), associada ao maior teor de PB ($123 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) (Tabela 3), contribuíram para aumentar o desempenho animal na primeira EP (Figura 7). Os resultados obtidos para GPA são próximos aos obtidos por Carvalho *et al.* (2022) ($17,89 \text{ kg ha}^{-1} 28 \text{ d}^{-1}$) em estudo realizado na mesma área experimental na fase inicial do experimento. Costa *et al.* (2016) avaliaram SSPs de braquiária com leguminosas sabiá ou gliricídia também na fase inicial de crescimento das árvores (3 anos) em Itambé-PE, também não obtiveram diferenças no GPA entre os tratamentos, no entanto, Santos *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2021) verificaram redução do desempenho animal em SSP-sabiá após a fase de estabelecimento. Em contraste com os resultados do presente estudo que, após 60 meses de estabelecimento, não foi suficiente para promover diferenças significativas tanto nas respostas vegetais, como nos animais. Mello *et al.* (2014) avaliaram o desempenho animal em monocultivo de capim-braquiária e SSPs com leguminosas arbóreas, em Itambé-PE, e relataram variação no GPA entre os ciclos de $7,27$ a $63,82 \text{ kg ha}^{-1} 28 \text{ d}^{-1}$. A superioridade nos valores de GPA obtidos pelos autores, provavelmente, está associada ao maior potencial de crescimento do capim-braquiária na Zona da Mata, promovendo maiores OF, quando comparado ao Agreste Meridional do estado de Pernambuco.

A introdução de leguminosas promove maior ciclagem de nutrientes (C e N) em sistemas integrados, em consórcio de capim-braquiária + Sabiá, conforme observado por Lira Jr *et al.* (2020), com aumentos significativos nos estoques de C e N em diferentes profundidades no solo. No entanto, quando as árvores atingem o pleno desenvolvimento, pode ocorrer redução da fertilidade do solo se não houver reposição de alguns nutrientes (fósforo e potássio) (HERRERA *et al.*, 2023). Os déficits em macronutrientes importantes como o P e K, podem prejudicar o desenvolvimento do capim-braquiária e limitar a fixação biológica de N_2 , visto que este processo realizado pelos microrganismos no solo demanda muito fósforo (ZHONG *et al.*, 2023).

O maior GMD no período chuvoso na primeira estação de pastejo pode estar associado à maior massa de forragem seca verde ($1.659 \text{ kg MS ha}^{-1}$) (Figura 3). Santos *et al.* (2020) reportaram no início do período chuvoso um GMD compensatório de $1,164 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de abril a maio, devido ao aumento na disponibilidade de forragem seca verde. Além da menor disponibilidade de forragem, no período seco, o menor GMD pode ser resultado da redução do valor nutricional do capim-braquiária, em função do maior acúmulo de fibras e menor DIVMS (Tabela 3). No entanto, na segunda EP, a redução da MFV (Figura 3) pode ter comprometido o GMD, que não diferiu ($P > 0,05$) entre os períodos do ano. Essa ausência de efeito dentro da segunda EP pode ser associada à melhoria no valor nutritivo do capim-

braquiária (Tabela 3), devido a maior participação de folhas na MFV (29,33%) e maior DIVMS (692,38 g.kg⁻¹ MS). De acordo com Dubeux Jr. *et al.* (1997), é comum que animais em pastejo percam peso, quando não são submetidos a algum tipo de suplementação durante a estação seca.

O GPT no monocultivo de capim-braquiária foi 355 kg ha⁻¹ 24 meses⁻¹, enquanto no SSP foi de 260 kg ha⁻¹ 24 meses⁻¹ (Tabela 4). Os resultados desse estudo são superiores aos obtidos por Carvalho *et al.* (2022), que obtiveram média geral de GPT de 196,7 kg ha⁻¹ na mesma área experimental. No entanto, Mello *et al.* (2014) e Costa *et al.* (2016) relataram ganhos anuais de 324 e 390 kg ha⁻¹, respectivamente, nos diferentes sistemas de cultivo (monocultivo e SSPs), na Zona da Mata de Pernambuco. Isso deixa evidente o menor potencial produtivo do capim-braquiária no Agreste Meridional de Pernambuco, devido, provavelmente, ao menor fotoperíodo, resultado de elevada nebulosidade ao longo do dia, como também baixas temperaturas no inverno, quando comparado com o desempenho dessa mesma espécie na Zona da Mata de Pernambuco (CARVALHO *et al.*, 2022a). Ademais, Dubeux Jr. *et al.* (1997) demonstraram GPA anual de 300 kg ha⁻¹ em novilhas pastejando capim-braquiária em monocultivo, na Zona da Mata de Pernambuco.

5 CONCLUSÕES

A utilização de sabiá em filas duplas espaçadas de 25m, compondo um sistema silvipastoril com capim-braquiária não afetou a massa de forragem da gramínea, bem como o desempenho animal.

É possível observar contribuição da leguminosa em sistema silvipastoril com o capim-braquiária na elevação do teor de PB da forragem da gramínea, no período chuvoso do ano.

O maior consumo de forragem no SSP sabiá x capim-braquiária possivelmente pode ser atribuído ao maior bem-estar dos animais nesse sistema.

Ao buscar intensificar e maximizar a pecuária no Nordeste do Brasil, o sistema silvipastoril com capim-braquiária e sabiá pode ser uma alternativa promissora para a pecuária no Agreste Meridional de Pernambuco; no entanto, são necessários mais estudos de longo prazo, a fim de obter recomendações mais concisas.

REFERÊNCIAS

ABIEC—ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil. 2022.

ALLISON, C. D. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. **Journal of Range Management**, v. 38, p. 305-311, 1985.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 21st ed. USA: AOAC International, 2019. 3290 p.

APOLINÁRIO, V. X. O. *et al.* Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p. 1915–1921, 2015.

APOLINÁRIO, V. X. O. *et al.* Arboreal legume litter nutrient contribution to a tropical silvopasture. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 6, p. 2478–2484, 2016.

BARBOSA, V. V. *et al.* Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 02, p. 353–367, 2016.

BARSOTTI, M.P. *et al.* Behavioural responses of beef cattle to different grazing systems and the influence of these responses on water productivity of livestock in a tropical savannah. **Animal**, v. 18, p. 101117, 2024.

BERNABUCCI, U. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.

BHATTARAI, B. *et al.* Effect of deficit irrigation on physiology and forage yield of forage sorghum, pearl millet, and corn. **Crop Science**, v. 60, n. 4, p. 2167-2179, 2020.

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. Soil water availability in a full sun pasture and in a silvopastoral system with eucalyptus. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 429-440, 2020.

CARVALHO, C. B. M. *et al.* Nutritive value of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. and performance of cattle in monoculture and silvopastoral systems, in the Agreste region of Pernambuco. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 4, p. 246, 2022a.

CARVALHO, C. B. M. *et al.* Initial growth and survival of Eucalyptus spp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems and their impact on herbage accumulation of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 7, p. 1053-1064, 2022b.

CAVALCANTI, F.J.A.; LIMA JÚNIOR, M.A.; LIMA, J.F.W.F. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª Aproximação. 3 ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 212 p., 2008.

COSTA, S. B. M. *et al.* Livestock performance in warm-climate silvopastures using tree legumes. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2026–2035, 2016.

CHATTERJEE, N. *et al.* Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 266, p. 55-67, 2018.

DEINUM, B. *et al.* Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 44, p. 111–124, 1996.

DE-SOUSA, K.T. *et al.* Effects of tree arrangements of silvopasture system on behaviour and performance of cattle: a systematic review. **Annals of Animal Science**, v. 3, n. 3, p. 629-639, 2023.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para Análise de Alimentos**, 2. ed., Visconde do Rio Branco: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal - Suprema, 2021. 350p.

DUBEUX JR., J.C.B. *et al.* Avaliação de pastagens de braquiarias na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 659-666, 1997.

DUBEUX JR., J.C.B. *et al.* Tree legumes: An underexploited resource in warm-climate silvopastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 689–703, 2017.

DURAN-BAUTISTA, E.H. *et al.* Agroforestry systems generate changes in soil macrofauna and soil physical quality relationship in the northwestern Colombian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 5, p. 927-938, 2023.

FERNÁNDEZ, P.D. *et al.* Silvopastoral management for lowering trade-offs between beef production and carbon storage in tropical dry woodlands. **Science of The Total Environment**, v. 912, p. 168973, 2024.

FERREIRA, M.R. *et al.* How Are Warm-Season Pastures' Nutritive Value and Fermentation Characteristics Affected by Open Pasture, Silvopasture, and Sward Herbage Maturity?. **Agronomy**, v. 13, n. 7, p. 1756, 2023.

FIGUEIREDO, C.C. de *et al.* Nitrogen Use Efficiency in an Agrisilviculture System with *Gliricidia sepium* in the Cerrado Region. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1647, 2023.

FLORES-COELLO, G. *et al.* Intensive Silvopastoral Systems Mitigate Enteric Methane Emissions from Cattle. **Atmosphere**, v. 14, n. 5, p. 863, 2023.

GOMES, F.J. *et al.* Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisadegrass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 126029, 2020.

GOMES, F.J. *et al.* Forage nutritive value of Marandu palisade grass under clipping in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, p. 1-10, 2022.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. *et al.* Methane emissions and milk yields from zebu cows under integrated systems. **Livestock Science**, v. 263, p. 105038, 2022.

HABERMANN, E. *et al.* Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. **Physiologia Plantarum**, v. 165, n. 2, p. 383-402, 2019.

HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H.H. The Comparative yield method for estimating dry matter

yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, p. 663–670, 1975.

HERRERA, A.M. *et al.* Decomposition of senescent leaves of signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster) and arboreal legumes in silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 2213-2224, 2020.

HERRERA, A.M. *et al.* Potential of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster]. **Agroforestry Systems**, 2021.

HERRERA, A.M. *et al.* Soil fertility in silvopastoral systems integrating tree legumes with signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster). **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 31, n. 4, p. 287-298, 2023.

HOLDEN, L. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 2, p. 1791–1794, 1999.

HONG, C. *et al.* Global and regional drivers of land-use emissions in 1961–2017. **Nature**, v. 589, n. 7843, p. 554-561, 2021.

IUSS Working Group. World Reference Base for Soil Resources (2014) International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. **World Soil Resources Reports**, 106, 2014.

KOMAREK, A.M. *et al.* Income, consumer preferences, and the future of livestock-derived food demand. **Global Environmental Change**, v. 70, p. 102343, 2021.

KOZICKA, M. *et al.* Feeding climate and biodiversity goals with novel plant-based meat and milk alternatives. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 5316, 2023.

KUMAR, R. V. *et al.* Silvopasture systems for restoration of degraded lands in a semiarid region of India. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 15, p. 2843-2854, 2022.

LANA, R. M. Q. *et al.* Productivity and nutritive value of brachiaria forage intercropping with eucalyptus in a Silvopastoral system in the Brazilian Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 5, p. 654–659, 2016.

LI, X. Plant cell wall chemistry: Implications for ruminant utilisation. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 31-56, 2021.

LIRA JUNIOR, M. A. *et al.* Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment. **Catena**, v. 189, p. 104508, 2020.

LIMA, M. A. *et al.* Evaluation of a long-established silvopastoral Brachiaria decumbens system: Plant characteristics and feeding value for cattle. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 9, p. 814–825, 2019.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J.C. *et al.* Carbon storage and sequestration rates in *Leucaena leucocephala* based silvopasture in Southern Mexico. **Agroforestry Systems**, p. 1-17, 2023.

LUO, Y. *et al.* Patterns of nitrogen and phosphorus stoichiometry among leaf, stem and root of desert plants and responses to climate and soil factors in Xinjiang, China. **Catena**, v. 199, p. 105100, 2021.

McDOUGALL, E.I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.

MARQUES, A. *et al.* Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon sequestration driven by population and economic growth. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 4, p. 628-637, 2019.

MELLO, A.C.L. *et al.* Pasture characteristics and animal performance in a silvopastoral system with *Brachiaria decumbens*, *Gliricidia sepium* and *Mimosa caesalpinifolia*. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 2, n. 1, p. 85–87, 2014.

MORENO-GALVÁN, A.E. *et al.* Long-term implementation of a silvopastoral system enhances soil P availability and bacterial diversity. **Geoderma**, v. 433, p. 116458, 2023.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.I. **The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures**. Proceedings of the sixth international Grassland congress. **Anais...Pennsylvania State College**, Pennsylvania: 1952

MONTEIRO, A. *et al.* Crop-livestock-forestry systems as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions and enhancing the sustainability of forage-based livestock systems in the Amazon biome. **Science of The Total Environment**, v. 906, p. 167396, 2024.

MUKARRAM, M. *et al.* Drought: Sensing, signalling, effects and tolerance in higher plants. **Physiologia plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1291-1300, 2021.

OLIVEIRA NETO, P.M. **Fertilidade do solo, características produtivas e valor nutritivo de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster. e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em monocultivo e sistema silvipastoril**. 2022. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PACIULLO, D.S.C. *et al.* Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1528-1535, 2009.

PACIULLO, D.S.C. *et al.* Pasture and animal production in silvopastoral and open pasture systems managed with crossbred dairy heifers. **Livestock Science**, v. 245, p. 104426, 2021.

PANG, K. *et al.* Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. **Agroforestry Systems**, v. 93, p. 11-24, 2019a.

PANG, K. *et al.* Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. II. Forage quality and its species-level plasticity. **Agroforestry systems**, v. 93, p. 25-38, 2019.

PEDREIRA, C.G.S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 100-150, 2002.

PEREIRA, M.G. *et al.* Production potential and quality of *Panicum maximum* cultivars established in a semi-arid environment. **Tropical Animal Science Journal**, v. 45, n. 3, p. 308-318, 2022.

PESSOA, D.V. *et al.* Litter deposition and decomposition in a tropical grass-legume silvopastoral system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-15, 2024.

PIÑA, L.F. *et al.* Pre-grazing herbage mass affects grazing behavior, herbage disappearance, and the residual nutritive value of a pasture during the first grazing session. **Animals**, v. 10, n. 2, p. 212, 2020.

POUDEL, S.; FIKE, J.H.; PENT, G.J. Hair cortisol as a measure of chronic stress in ewes grazing either hardwood silvopastures or open pastures. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 1566, 2022.

POLANÍA-HINCAPIÉ, K.L. *et al.* Soil physical quality responses to silvopastoral implementation in Colombian Amazon. **Geoderma**, v. 386, p. 114900, 2021.

PROCTOR, A.; MEULLENET, J.F. Sampling and sampling preparation. **Food analysis**, p. 71-82, 1998.

RIPAMONTI, A. *et al.* Outcomes of a comparison between pastoral and silvopastoral management on beef cattle productivity, animal welfare and pasture depletion in a Mediterranean extensive farm. **Agroforestry Systems**, v. 97, p. 1071–1086, (2023).

RUPITAK, Q.; SRISAIKHAM, S. Evaluation of yield production and chemical composition of three types of forage legumes at different cutting intervals and cutting times to assess their benefits as ruminant animal feed. **CMUJ. Nat. Sci**, v. 20, n. 3, p. e2021046, 2021.

ROLIM, G.D.S.; SENTELHAS, P. S.; BARBIERI, V. Planilhas do ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.

SALIBA, E.O.S. *et al.* Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. **International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics**, v. 4, n. 9, p. 1-10, 2015.

SANTOS, D.C. *et al.* Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.266, p.174-180, 2018.

SANTOS, A.M.G. *et al.* Animal performance in grass monoculture or silvopastures using tree legumes. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 2, p. 615–626, 2020.

SANTOS, C.A. *et al.* Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus cultivars. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 169-182, 2023.

SWAIN, M. *et al.* Reducing the environmental impact of global diets. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 1207-1209, 2018.

SENGER, C.C. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1–2, p. 169–174, 2008.

SHARMA, H. *et al.* Estimation of biomass and carbon storage potential in agroforestry systems of north western Himalayas, India. **Catena**, v. 225, p. 107009, 2023.

SILVA, F.S. *et al.* Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v.94, p.1891-1902, 2020.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358–369, 2021a.

SILVA, I.A.G. *et al.* Tree canopy management affects dynamics of herbaceous vegetation and soil moisture in silvopasture systems using arboreal legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1509, 2021b.

SIMÕES, V.J.LP. *et al.* Physical-hydric attributes and soil CO₂ efflux in pastoral systems in a Brazilian semi-arid environment. **Agroforestry Systems**, p. 1-13, 2023.

SOLLENBERGER, L.E. *et al.* Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science**, v. 45, n. 3, p. 896–900, 2005.

SOLLENBERGER, L.E. *et al.* Grassland management affects delivery of regulating and supporting ecosystem services. **Crop Science**, v. 59, n. 2, p. 441-459, 2019.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. Warm-climate, legume-grass forage mixtures versus grass-only swards: An ecosystem services comparison. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, 2022.

TEIXEIRA, P.C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, v. 3. Embrapa, Brasília, p. 573, 2017.

TENIKECIER, H.S.; ATEŞ, E. Yield, some cell wall component and mineral contents of fodder pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. Poir) forage as influenced by cultivar, growth stages and phosphorus application. **Journal of Elementology**, v. 26, n. 2, 2021.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v. 18, n. 2, p. 104–111, 1963.

THOMSEN, S.J. *et al.* Heifer performance and body temperatures in open pasture versus silvopasture in mid-Atlantic USA. **Agroforestry Systems**, v. 98, n. 1, p. 47-59, 2024.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. 1955. The Water Balance. New Jersey: Drexel Institute Of 508 Technology. Publications in Climatology, p.104.

UDAWATTA, R.P. *et al.* Open growth of oak species in a corn/soybean alley cropping agroforestry for watershed protection. **Agroforestry Systems**, p. 1-11, 2024.

ULLAH, I. Chemical and nutritional properties of some maize (*Zea mays* L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 11, p. 1113-1117, 2010.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Cornell University Press, Cornell, USA. 476 p, 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VENTER, O. *et al.* Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. **Nature communications**, v. 7, n. 1, p. 12558, 2016.

WHEELOCK, J.B. *et al.* Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 2, p. 644-655, 2010.

ZAMBRANO, E. R. A. *et al.* Silvopastoral system: persistence of *Andropogon* grass and grazing behavior of goats. **Agroforestry Systems**, p. 1-12, 2023.

ZHEN, Y.; RADULOVIC, M.; VIETRI, M.; STENMARK, H. Sealing holes in cellular membranes. **The EMBO Journal**, v. 40, n. 7, p. e106922, 2021.

ZHONG, Y. *et al.* Cooperative interactions between nitrogen fixation and phosphorus nutrition in legumes. **New Phytologist**, v. 237, n. 3, p. 734-745, 2023.

CAPÍTULO 4

Características dendrométricas, produtivas e valor nutritivo de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sob monocultivo e sistema silvipastoril

RESUMO

As leguminosas possuem potencial de prestar diversos serviços ecossistêmicos, assim, é importante compreender os aspectos quantitativos e qualitativos de leguminosas em diferentes sistemas de cultivo. O objetivo com este trabalho foi avaliar características dendrométricas, produtivas e valor nutritivo da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em monocultivo e em sistema silvipastoril (SSP) com capim-braquiária, no Agreste de Pernambuco. As avaliações foram realizadas a cada 56 dias durante dois anos. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no município de Garanhuns-PE. Os tratamentos foram distribuídos sob delineamento em blocos casualizados e consistiram de: sabiá em monocultivo e SSP formado por capim-braquiária + sabiá em filas duplas com distância de 25m entre renques e três repetições, durante os períodos chuvoso e seco de dois anos de avaliação (fevereiro de 2021 a outubro de 2022). Os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo pelo SAS on demand (2021) e as médias dos tratamentos comparadas pelo PDIFF com teste de Tukey ($P < 0,05$). Não houve efeito de sistemas de cultivo ($P > 0,05$) para altura de planta (AP) (~5,2 m). Os maiores ($P < 0,05$) valores de diâmetro à altura do peito (DAP) (16,32 cm), diâmetro basal (DB) (20,54 cm) e produção de matéria seca por planta (PMSP) (36 g MS planta⁻¹) foram observados no SSP. A massa de forragem (MF) foi maior ($P < 0,05$) no monocultivo em relação ao SSP (69 vs. 22 kg MS ha⁻¹, respectivamente) no primeiro ano de avaliação. O acúmulo de forragem total (AFT) foi maior no monocultivo em comparação ao SSP (383 vs. 116 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹) no primeiro ano de avaliação; no entanto, no segundo ano, não houve AFT no monocultivo, enquanto no SSP obteve-se 134 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹. O valor nutritivo não foi influenciado ($P < 0,05$) pelos sistemas de cultivo no primeiro ano de avaliação, no entanto, os maiores teores de PB (221 g kg⁻¹), FDA (449 g kg⁻¹) e DIVMS (383 g kg⁻¹) foram observados no período chuvoso, enquanto o maior teor de MS (426 g kg⁻¹) ocorreu no período seco. A sabiá em monocultivo tem sua produção de forragem por planta afetada, devido à ausência de manejo de poda e competição intraespecífica. A sabiá apresenta melhores características dendrométricas que permite uma maior qualidade da madeira para ser comercializada como estacas em menor tempo de colheita, quando cultivada sob SSP do que em monocultivo. O SSP proporciona maior produção de forragem por planta da sabiá e melhor valor nutritivo da forragem do que o seu monocultivo, porém, sem variação do teor de PB entre sistemas de cultivo.

Palavras-chave: Produção de biomassa; Proteína bruta; Qualidade de madeira; Sabiá; Sistema integrado.

ABSTRACT

Legumes have the potential to provide diverse ecosystem services, therefore, it is important to understand the quantitative and qualitative aspects of legumes in different cropping systems. The objective of this work was to evaluate the dendrometric, productive characteristics and nutritional value of sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) in monoculture and a silvopastoral system (SPS) with signalgrass, in the Agreste of Pernambuco. Assessments were carried out every 56 days for two years. The experiment was conducted at the experimental farm of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) in the municipality of Garanhuns-PE. The treatments were distributed under a randomized block design and consisted of *M. caesalpiniiifolia* in monoculture and SPS formed by signalgrass + thrush in double rows with a distance of 25 m between rows and three replications, during the rainy and dry periods of two years of evaluation. (February 2021 to October 2022). Data were analyzed as repeated measurements over time using SAS on demand (2021) and treatment means were compared using PDIFF with Tukey's test ($P < 0.05$). There was no effect of cropping systems ($P > 0.05$) on plant height (AP) (~5.2 m). The highest ($P < 0.05$) values for diameter at breast height (DBH) (16.32 cm), basal diameter (DB) (20.54 cm), and dry matter production per plant (DMPP) (36 g MS planta⁻¹) were observed in SPS. Forage mass (FM) was higher ($P < 0.05$) in monoculture compared to SSP (69 vs. 22 kg DM ha⁻¹, respectively) in the first year of evaluation. Total forage accumulation (AFT) was greater in monoculture compared to SSP (383 vs. 116 kg DM ha⁻¹ year⁻¹) in the first year of evaluation, however, in the second year there was no AFT in monoculture while in SSP 134 kg DM ha⁻¹ year⁻¹ was obtained. The nutritional value was not influenced ($p < 0.05$) by the cultivation systems in the first year of evaluation, however, the highest levels of CP (221 g kg⁻¹), ADF (449 g kg⁻¹) and IVDMD (383 g kg⁻¹) were observed in the rainy season, while the highest DM content (426 g kg⁻¹) occurred in the dry season. *M. caesalpiniiifolia* in monoculture has its forage production per plant affected, due to the lack of pruning management and intraspecific competition. *M. caesalpiniiifolia* has better dendrometric characteristics that allow a higher quality of wood to be sold as cuttings in a shorter harvest time, when cultivated under SPS than in monoculture. The SPS provides greater forage production per *M. caesalpiniiifolia* plant and better nutritional value of the forage than its monoculture, but without variation in CP content between cropping systems.

Keywords: Biomass production; Crude protein; Integrated system; *M. caesalpiniiifolia*; Wood quality.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agrofloretais (SAFs), tais como a integração pecuária-floresta ou sistema silvipastoril (SSP), podem contribuir para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal (CARVALHO *et al.*, 2022). O SSP combina árvores, pastagem e animais na mesma área (COSTA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2020, 2021), com potencial de proporcionar diferentes benefícios ecossistêmicos.

Entre os benefícios pode-se citar a melhoria na ciclagem de nutrientes, redução das emissões de gases de efeito estufa, aumento do sequestro de carbono, conforto térmico para os animais, aumento na diversidade de biopolinizadores, controle de pragas e doenças, bem como aumento da diversidade de produtos, tais como madeira, combustível, alimentação humana, medicamentos naturais, recursos ornamentais, dentre outros (APOLINÁRIO *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2016; DUBEUX JR *et al.*, 2017; HOOSBEEK *et al.*, 2018; SIMIONI *et al.*, 2022; FIGUEIREDO *et al.*, 2023; MORENO-GÁLVAN *et al.*, 2023; FLORES-COELHO *et al.*, 2023).

A utilização de leguminosas como componente arbóreo em SSPs com gramíneas vem sendo recomendada como uma alternativa interessante devido ao potencial de fixação biológica de N e incorporação natural de N no solo por meio da decomposição de serrapilheira, raízes e nódulos, o que contribui para redução da dependência de uso de fertilizantes nitrogenados, potencialmente reduzindo os custos de produção do sistema de produção (FIGUEIREDO *et al.*, 2023; NIZA COSTA *et al.*, 2023; RAWAL *et al.*, 2023; MONTEIRO *et al.*, 2024).

A sabiá é uma leguminosa arbórea nativa da região Nordeste do Brasil que tem apresentado potencial para ser utilizada em SSP (APOLINÁRIO *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2016; HERRERA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022), devido a seu rápido crescimento e elevado teor de proteína bruta (SANTOS *et al.*, 2020; HERRERA *et al.*, 2021). Porém apresenta acúleos nos seus ramos e taninos condensados (PEREIRA *et al.*, 2018) que pode afetar a aceitabilidade pelos animais e minimizar o impacto do pastejo no crescimento e sobrevivência das árvores durante o estabelecimento de SSP (CARVALHO *et al.*, 2022b). Além disso, apresenta elevado potencial comercial de madeira, o que pode contribuir para diversificar a receita do produtor com a comercialização de estacas e mourões (APOLINÁRIO *et al.*, 2016).

A estabilidade do SSP depende da interação e complementariedade entre as culturas componentes, visto que o crescimento das árvores, a formação e qualidade da madeira são afetados por inúmeros fatores, como espaçamento, competição por luz, nutrientes e água no

solo (SILVA *et al.*, 2021; PEZZOPANE *et al.*, 2021). O cultivo de certas espécies arbóreas em monocultivo e especialmente em SAFs é um desafio (LIU *et al.*, 2018) porque a demanda por recursos é diferente para cada tipo de espécie, uma vez que possuem necessidades fisiológicas diferentes (ONUWA *et al.*, 2021). Por exemplo, as gramíneas requerem maior quantidade de nutrientes em menos tempo, quando comparadas às árvores (SCHWARTZ *et al.*, 2021).

No entanto, a maioria dos estudos de SSPs relativos ao seu componente lenhoso não avaliam inteiramente a sua produtividade, o que cria lacuna de conhecimento sobre a dinâmica de crescimento individual, tolerância à competição, qualidade do produto, escolha das espécies e melhor combinação, de acordo com características edafoclimáticas específicas de determinado local (LIU *et al.*, 2018; THOMAS *et al.*, 2021). A qualidade de madeira implica diretamente no preço e produto final, assim, é importante avaliar a influência das condições de cultivo na altura da planta, diâmetro à altura do peito e diâmetro basal que são características resultantes da qualidade da madeira para obter informações consistentes para melhor orientar os produtores com práticas silviculturais mais assertivas (SILVA *et al.*, 2018; PEZZOPANE *et al.*, 2021; MININI *et al.*, 2024).

Segura-Elizondo e Moya (2021) avaliaram a qualidade da madeira de *Cedrela odorata* L. proveniente de SAF (com nove e 10 anos) com a do monocultivo (10 anos), ambos localizados na Costa Rica. Esses autores analisaram a influência de diferentes tipos de plantio na qualidade da madeira. As árvores oriundas do SAF apresentaram maiores diâmetros, maior percentual de cerne, maior módulo de ruptura e elasticidade e maior percentual de extrativos (etanol-tolueno) em comparação com o monocultivo. Flumignan *et al.* (2023) avaliaram árvores de eucalipto em ILF e ILPF e reportaram maior diâmetro do eucalipto em ILPE. Além disso, esses autores reforçaram que o diâmetro mostrou-se maior quanto maior a distância entre fileiras de eucalipto. Tal resultado permite que o agricultor possa colher madeira com diâmetro desejado em menor intervalo de tempo (precocidade) ou quando pretende colher madeira com diâmetros maiores.

Pezzopane *et al.* (2021) observaram em eucalipto aos oito anos de idade que o sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) apresentou maior volume de caule (225,7 vs. 215,2 m³ ha⁻¹) em relação ao integração lavoura-floresta (ILF). Herrera *et al.* (2021) relataram diâmetro basal de 7,6 cm e volume da árvore (0,3 m³ ha⁻¹) após sete anos de estabelecimento do sabiá em SSP com braquiária. Carvalho *et al.* (2022) reportaram, aos 29 meses de estabelecimento, diâmetro basal de 13,2 cm, como também maior altura de planta no monocultivo em relação ao SSP (2,8 m vs. 2,5 m, respectivamente). Silva *et al.* (2021)

avaliaram duas leguminosas (gliricídia e sabiá) em SSP espaçados em 15 m entre filas duplas e com densidade arbórea de 2.500 árvores ha⁻¹ e reportaram maior competição por água e nutrientes no SSP com sabiá.

O valor nutritivo da forragem pode ser afetado por fatores ambientais e fenológicos, como período do ano, estágio de crescimento e fertilidade do solo (SOLONTSI *et al.*, 2022). Diniz *et al.* (2024) reportaram que a frequência de colheita de 56 dias na leguminosa *Stylosanthes spp.* pode promover melhores níveis de FDN e DIVMS na estação seca, enquanto a chuvosa proporciona as características nutricionais mais favoráveis. Carvalho *et al.* (2022) relataram que não houve efeito do sistema de cultivo no valor nutritivo da sabiá durante a fase de estabelecimento em SSP.

Diante do exposto, as hipóteses do referido trabalho foram: (i) em monocultivo de sabiá a produção de forragem por planta é menor; (ii) a sabiá em SSP apresenta melhores características dendrométricas (DAP e DB), devido a menor competição intraespecífica entre as árvores e (iii) o teor de PB é maior em SSP. Objetivou-se avaliar características dendrométricas, acúmulo de forragem e valor nutritivo de *Mimosa caesalpinifolia* (Benth) em monocultivo em SSP no Agreste Meridional de Pernambuco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes, localizada no município de Garanhuns-PE (8°53'30"S 36°30'00"W), situada a 842 m de altitude (Figura 1), no período de fevereiro a novembro/2021 e janeiro a outubro/2022. O clima é tropical úmido e seco (Aw), segundo a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média anual é de 22,8 °C, com precipitação média anual de 866 mm (BARBOSA *et al.*, 2016).

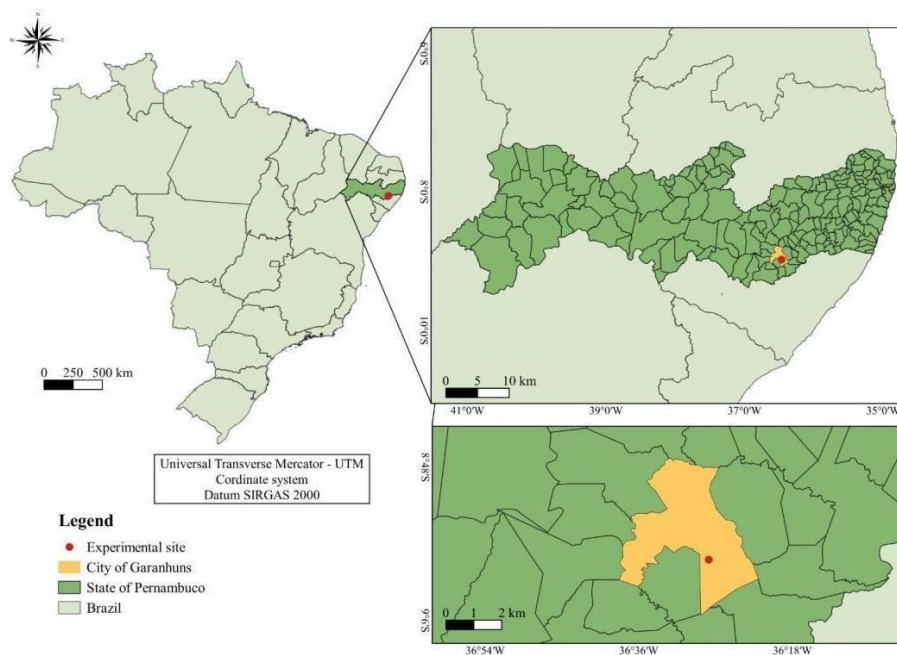


Figura 1. Localização da área experimental na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Pernambuco – Prof. Antônio de Pádua Maranhão Fernandes no município de Garanhuns-PE. Fonte: Pessoa *et al.* (2024).

O balanço hídrico sequencial (BHS) (Figura 2) foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) em planilhas de Excel (ROLIM *et al.*, 1998), sendo considerado período chuvoso os meses que apresentaram balanço hídrico positivo ou nulo, correspondendo aos meses de abril a julho de 2021 e abril a agosto de 2022. A denominação de período seco foi atribuída aos meses com balanço hídrico negativo, correspondendo aos meses de janeiro a março e agosto a novembro de 2021 e fevereiro a março e agosto a outubro de 2022. A distribuição mensal das chuvas e as temperaturas médias durante o período experimental são descritos na Figura 2. A precipitação acumulada durante todo o período experimental foi de 1.720 mm.

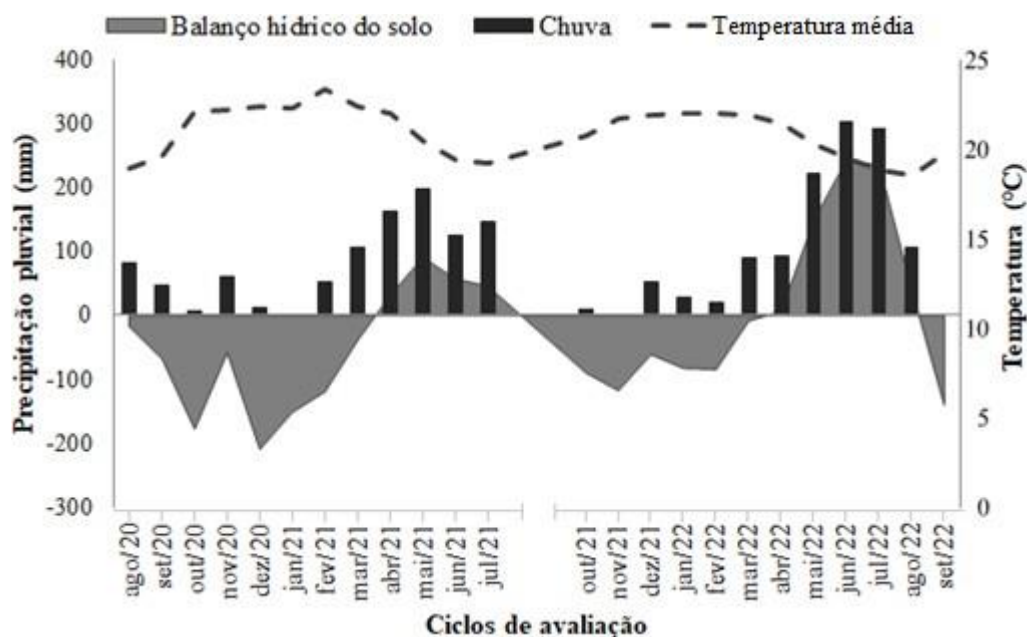


Figura 2. Balanço hídrico, precipitação e temperatura média de agosto de 2020 a setembro de 2022, Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Garanhuns-PE.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo. Com textura franco-argilosa, essa classificação de solo é equivalente a Argissolo Amarelo pela Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) (Grupo de trabalho IUSS, 2014). A coleta do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, na área experimental durante a implantação do experimento. O solo apresentou as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,3; P (Mehlich-I) = 2,0 mg dm⁻³; Na = 0,006 cmol_c dm⁻³; K = 0,19 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,35 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,53 cmol_c dm⁻³; Al = 0,95 cmol_c dm⁻³; H = 4,95 cmol_c dm⁻³; soma de bases = 1,15 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica = 7,05 cmol_c dm⁻³; MO = 4,47%, V = 16% e m = 46,5%, a análise do solo seguiu os métodos recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

A partir da análise química do solo, o pH do solo foi corrigido aos 60 dias antes do plantio das filas duplas de leguminosa (agosto/2017), usando calcário dolomítico [54,3% de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 45,7% de carbonato de magnésio (MgCO₃), PRNT = 90%] em área total, na quantidade de 2,5 t ha⁻¹.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi estabelecido em áreas de capim-braquiária já existentes na fazenda há mais de 22 anos. Os tratamentos consistiram de monocultivo de sabiá e de SSP de capim-braquiária + sabiá, arranjos em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, sendo as parcelas de SSP constituídas de piquetes de 1 ha e os bosques de sabiá (cultivo

exclusivo) constituídos de áreas de 30 x 20 m (0,06 ha), seguindo os mesmos espaçamentos (2,0 x 1,0 m) utilizados entre plantas e entre linhas em ambos tratamentos. Assim, foram geradas densidades de plantas de sabiá de 600 plantas ha⁻¹ (SSP) e 5.000 plantas ha⁻¹ (monocultivo).

No SSP, as mudas de sabiá foram plantadas (outubro de 2017) em covas de 15 cm de diâmetro e 15 cm de profundidade, no sentido leste-oeste, em fileiras duplas espaçadas em 25 x 2 x 1 m, com alguns replantios realizados em maio e julho de 2018. No momento do plantio foi realizada a adubação por cova (30 x 30 x 20 cm) para a cultura de sabiá, com 30 kg de K₂O ha⁻¹ [cloreto de potássio – KCL (60% K)] e 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ [superfosfato simples – SFS (18% P₂O₅)], seguindo as recomendações de Cavalcanti *et al.* (2008), para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Durante o período experimental de agosto de 2020 a setembro de 2022, as pastagens não foram adubadas.

No início do ensaio de pastejo (setembro/2020), as árvores já apresentavam em média 2,5 m de altura (CARVALHO *et al.*, 2022a). A massa de cobertura (folhas e caule ≤5 mm de diâmetro) fornecida pela leguminosa de até 1,5 m de altura variou de 218 a 1.015 kg MS ha⁻¹ nas temporadas 2019-2021 (OLIVEIRA NETO, 2022).

2.3 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E PRODUÇÃO

A avaliação das variáveis dendrométricas e biomassa da sabiá foram realizadas a cada 56 dias entre fevereiro/2021 e outubro/2022, totalizando 12 avaliações (Figura 3). A idade das árvores na última avaliação foi de 60 meses após o estabelecimento.

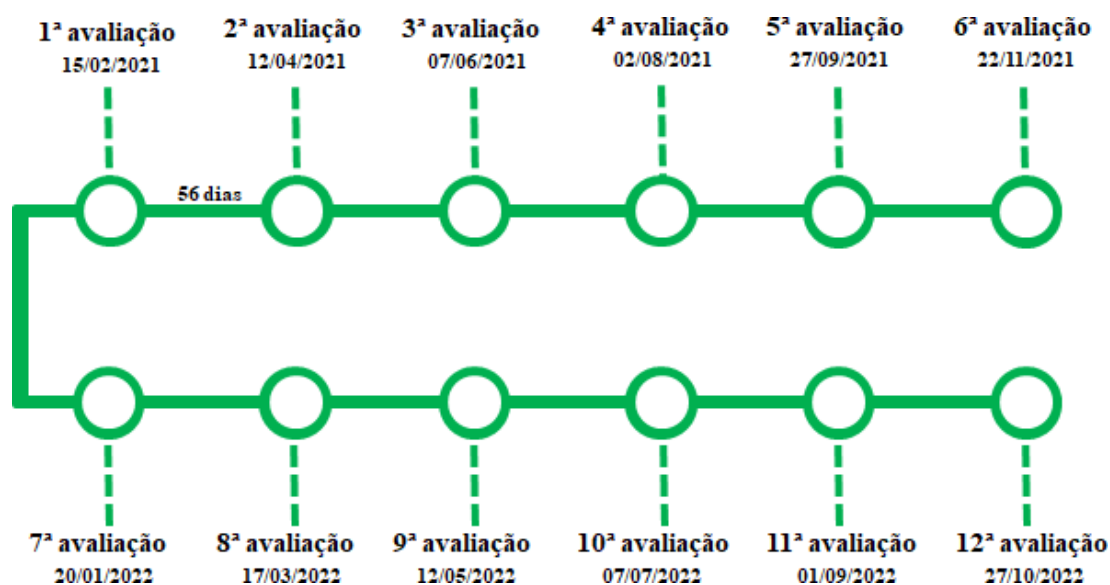


Figura 3. Período de avaliação das árvores de sabiá em monocultivo e SSP Garanhuns-PE.

A caracterização das plantas nos sistemas de cultivo foi realizada por meio contagem total das árvores em cada fila dupla (SSP) e fileiras simples (monocultivo), identificando a frequência de árvores a partir do número de fustes (Figura 4) (A, B, C e D para 1, 2, 3 e 4 fustes, respectivamente). Após a caracterização foram selecionadas 12 plantas para serem avaliadas no consórcio (onde foram três réplicas para cada classificação quanto ao número de fustes) e no monocultivo oito plantas (onde foram duas réplicas para cada classificação em relação ao número de fustes) (HERRERA *et al.*, 2021).

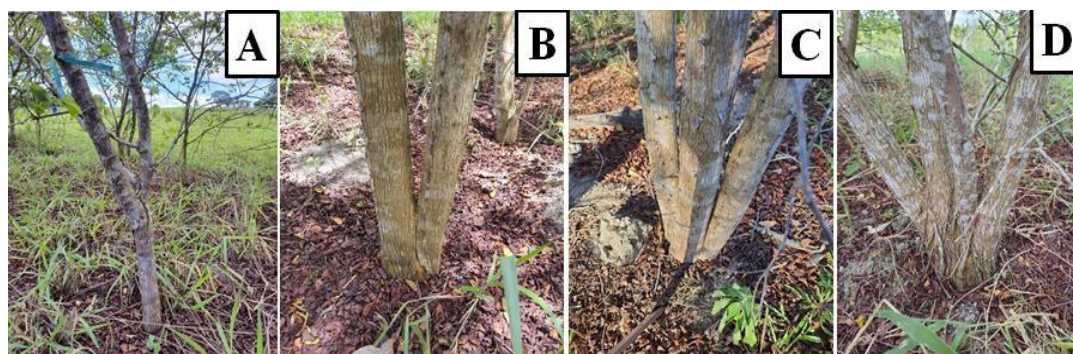


Figura 4. Classificação do número de fustes (1A, 2B, 3C e 4D) das árvores em monocultivo e SSP no Agreste de Pernambuco.

A altura da planta foi medida tomando-se o comprimento entre o nível do solo e o ápice da copa (com auxílio de uma haste de ferro graduada). O diâmetro da base foi medido a 0,25 m do nível do solo e o diâmetro à altura do peito (DAP) foi mensurado a 1,30 m acima do nível do solo com auxílio de fita métrica (HERRERA *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022a).

A massa de forragem (MF) foi estimada nas mesmas plantas em que foram realizadas as medidas dendrométricas. Foi considerado como forragem ramos tenros, com diâmetro de até 5 mm, e folhas até a altura de 1,5 m, considerada a altura de ramoneio (pastejo) pelos animais (YDOYAGA-SANTANA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015), tendo em vista que os animais tendem a consumir as folhas das leguminosas e pontas de galhos finos (MELLO *et al.*, 2014). O cálculo para obtenção da MF em cada ciclo de avaliação foi obtido a partir da multiplicação da produção de matéria seca por planta (PMSP) pela densidade arbórea em cada sistema de cultivo: monocultivo (5.000 plantas ha⁻¹) e SSP (600 plantas ha⁻¹).

A PMSP foi estimada nas plantas de sabiá por meio da multiplicação entre produção verde total pelo teor de matéria seca, dividido por 100, em cada ciclo de avaliação. Os dados de MF e PMSP foram agrupados em dois períodos do ano (chuvoso e seco) de acordo com as características climáticas (Figura 2).

O acúmulo de forragem total (AFT) foi obtido a partir do somatório da média de MF das avaliações em cada ano.

2.4 COLETA DE AMOSTRAS

As amostras de sabiá para determinação da composição bromatológica e digestibilidade foram obtidas a partir da coleta manual em 12 plantas (quatro plantas por fileira dupla) nos consórcios e oito plantas nos monocultivos da leguminosa, na altura de 1,5 m (altura de ramoneio).

O material vegetal total (folhas e ramos tenros) foi pesado, homogeneizado, retirando-se uma subamostra representativa de cada amostra, formando uma amostra composta. Em seguida, o material foi moído em moinho de facas tipo Willey, em peneira de 1 mm, para estimativas das variáveis da composição bromatológica e, de 2 mm, para estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS).

2.5 VALOR NUTRITIVO

Após coleta e processamento das amostras, foram realizados os procedimentos descritos pela *Association of Official Agricultural Chemists International* (AOAC, 1990) para determinação dos teores de matéria seca (MS), pelo método 967.03; matéria mineral (MM), método 942.05 e proteína bruta (PB), método 988.05. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram obtidos segundo metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991), adaptada por Senger *et al.* (2008), quanto a utilização de autoclave com temperatura de 110 °C, por 40 minutos.

Para estimativa dos teores de lignina foi seguido o método 973.18 (AOAC, 2002), os resíduos das amostras de FDA foram imersas em ácido sulfúrico, a 72% (VAN SOEST *et al.*, 1991), visando a solubilização da celulose, obtendo-se, no final da análise, a lignina digerida em ácido (LDA). As frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram calculadas pelas seguintes equações: $HEM = FDN - FDA$ e $CEL = FDA - LDA$.

A estimativa da DIVMS seguiu a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), com as modificações propostas por Holden (1999), a partir da incubação *in vitro* das amostras em sacos de TNT (tecido não tecido). Após isso, foi adicionada a solução tampão proposta por McDougall (1948) e inóculo ruminal nos jarros em equipamento rúmen artificial DAISYII Incubator (ANKOM® Technology). Após 48 horas de incubação, 40 mL de solução de HCl (6N) e 8 g de pepsina foram adicionados a cada frasco e, após o período de incubação de 24 horas, os sacos contendo os resíduos foram lavados e secos em estufa a 105 °C, até peso

constante e pesados. O inóculo ruminal foi obtido a partir de amostras compostas das frações sólidas e líquida do conteúdo ruminal de bovino (fêmea) girolando adulto, fistulado no rúmen, com 410 ± 10 kg PVC (peso vivo corporal). A DIVMS foi obtida por meio da seguinte equação:

$$\text{DIVMS\%} = \left[100 - \left(\frac{w_3 - (w_1 * w_4)}{w_2} \right) * 100 \right]$$

Em que:

W1 = peso da tara dos sacos TNT;

W2 = peso das amostras;

W3 = peso dos sacos TNT final após as 24 horas de digestão com pepsina + HCL;

W4 = correção dos sacos TNT em branco (peso do saco TNT em branco após as 24 h de digestão com Pepsina + HCL/peso do saco TNT inicial).

As análises foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal Prof. Silvio Parente Viana (LNA), de Forragicultura Prof. Iderval Farias e de Biologia Molecular Aplicada (BIOPA), todos situados no Departamento de Zootecnia, na UFRPE-Recife.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) dos resíduos. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados para raiz quadrada (\sqrt{x}). Após atender as premissas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (software SAS on Demand). Os tratamentos, os períodos chuvoso e seco, anos de avaliação (foi feita comparação dos sistemas de cultivo: monocultivo x SSP apenas no primeiro ano, já o SSP foi comparado em dois anos), o monocultivo de sabiá apresentou MF nas coletas somente no primeiro ano de avaliação (produção e valor nutritivo) e a interação entre eles foram considerados efeitos fixos, enquanto os blocos foram considerados efeitos aleatórios. As médias foram comparadas pelo PDIFF, ajustado por Tukey e as diferenças estatísticas foram consideradas significativas quando $P \leq 0,05$. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + I_k + (\alpha I)_{ik} + (\beta I)_{jk} + \gamma_k + e_{ijk}$$

onde Y_{ijk} é a variável dependente; μ é a média geral; α_i é o efeito fixo dos tratamentos; β_j é o efeito fixo dos períodos do ano; I_k é o efeito dos anos de avaliação; $(\beta I)_{jk}$ é o efeito da

interação entre períodos do ano e anos de avaliação; γ_k é o efeito aleatório do bloco; e e_{ijk} é o erro residual.

3 RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DA SABIÁ

Foi observado efeito ($p < 0,05$) do sistema de cultivo para as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro basal (DB) e produção de matéria seca por planta (PMSP) (Tabela 1). Independente do sistema de cultivo, a AP média foi de 5,2 m, enquanto, a MF média obtida foi de 31,5 kg MS ha⁻¹. Os maiores valores de DAP e DB foram observados na *Mimosa caesalpiniiifolia* em SSP em relação ao monocultivo (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis dendrométricas e produção de forragem ($\leq 1,5$ m) de *Mimosa caesalpiniiifolia* (Benth). em diferentes sistemas de cultivo no Agreste de Pernambuco.

Variável	Sistema de cultivo			EPM
	Monocultivo	SSP	p-valor	
AP (m)	5,42	5,04	0,3582	0,22
DAP (cm)	13,81 B	16,32 A	0,0284	0,32
DB (cm)	16,62 B	20,54 A	0,0125	0,31
PMSP (g MS planta ⁻¹)	7 B	36 A	0,0138	0,002
MF(1,5 m) (kg MS ha ⁻¹)	35,30	21,74	0,2756	6,45

SSP: sistema silvipastoril; EPM: erro padrão da média; AP: altura de planta; DAP: diâmetro à altura do peito; DB: diâmetro da base; PMSP: produção de matéria seca por planta; MF: massa de forragem. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foi observado efeito do período do ano na AP ($p = 0,0493$) e MF ($p = 0,0437$) da sabiá, com maior AP ocorreu no período seco, em relação ao período chuvoso (Figura 5A). A MF foi influenciada pelo período do ano, a maior produção de forragem ocorreu na época chuvosa (35 kg MS ha⁻¹), em relação ao período seco (22 kg MS ha⁻¹) (Figura 5B).

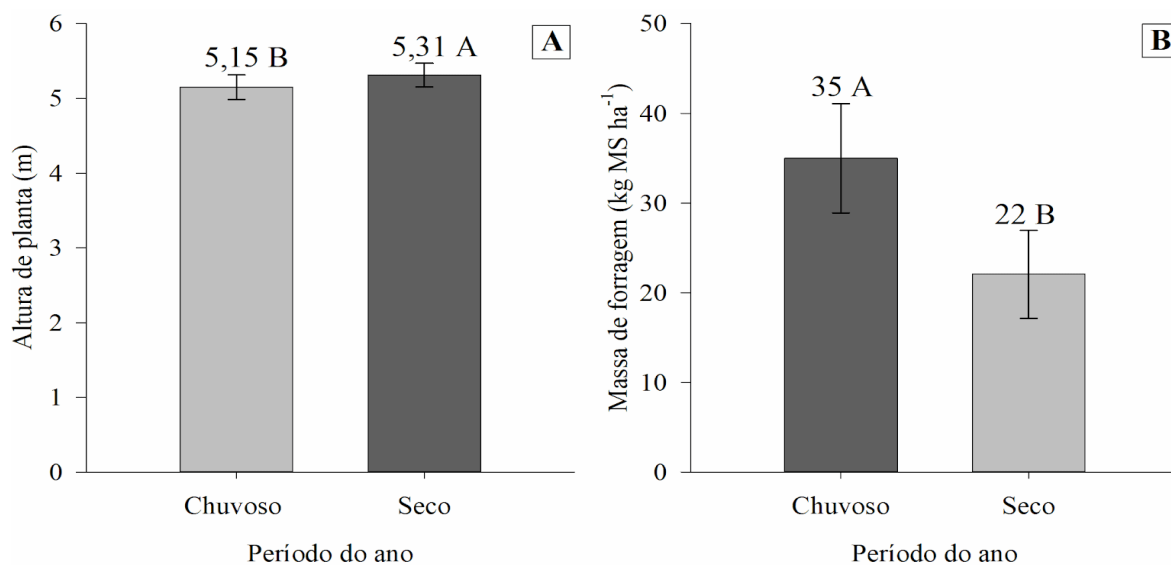


Figura 5. Altura da planta (A) e massa de forragem ($\leq 1,5$) da sabiá (B) em diferentes sistemas de cultivo no período chuvoso e seco do ano no primeiro ano de avaliação em Garanhuns-PE. Médias seguidas por letras diferentes nas barras diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$). Traços verticais nas barras representam o erro padrão médio.

A produção de matéria seca por planta (PMSP), massa de forragem (MF) e produção de matéria seca total (PMST) foram influenciadas por tratamento x ano de avaliação ($p < 0,05$) (Tabela 2). A maior PMSP ($13 \text{ g planta}^{-1} \text{ MS}$) foi observada no monocultivo no primeiro ano de avaliação. Enquanto, a PMSP no SSP foi semelhante ($p > 0,05$) em ambos os anos de avaliação.

Tabela 2. Interação sistema de cultivo x ano de avaliação para produção de matéria seca por planta (PMSP), massa de forragem (1,5 m) (MF) e acúmulo de forragem total (1,5 m) (AFT) da sabiá em monocultivo e SSP, Garanhuns-PE.

Sistema de cultivo	Ano de avaliação		P	EPM
	2021	2022		
	PMSP (g planta^{-1})			
Monocultivo	13 Ab	3 Bb	0,0067	0,004
SSP	34 Aa	38 Aa	0,3730	0,004
P	<0,0001	<0,0001		
	MF(1,5 m) (kg MS ha^{-1})			
Monocultivo	69 Aa	2 Ba	<0,0001	8,62
SSP	22 Ab	22 Aa	0,9665	8,62
P	<0,0001	0,0729		
	AFT(1,5 m) ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)			
Monocultivo	383 Aa	0,003 Bb	0,0071	75,60
SSP-sabiá	116 Ab	133 Aa	0,8255	75,60
P	0,0242	0,0011		

PMSP = produção de matéria seca por planta; MF = massa de forragem; PMST = produção de matéria seca total. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$). EPM= Erro padrão médio.

A PMST no cultivo exclusivo (383 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹) de sabiá foi superior ao segundo ano de avaliação. Enquanto na sabiá, em SSP, apresentou valor médio de PMST (116 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹).

3.2 VALOR NUTRITIVO

Não foi observado efeito ($P>0,05$) de sistema de cultivo para nenhuma variável do valor nutritivo no primeiro ano de avaliação (Tabela 3), pois, no segundo ano de avaliação, não houve MF para avaliação do valor nutritivo no monocultivo até 1,5 m.

Tabela 3. Valor nutritivo de *Mimosa caesalpinifolia*, sob monocultivo e SSP, de fevereiro a novembro de 2021, em Garanhuns-PE.

Variável (g.kg ⁻¹)	Sistema de cultivo			
	Monocultivo	Silvipastoril	P	EPM
MS	354	382	0,1533	12,53
MM	53	54	0,7707	2,34
MO	947	946	0,7707	2,34
PB	208	206	0,9293	8,13
FDN	598	584	0,4647	11,69
FDA	434	437	0,8484	8,95
HEM	164	146	0,3165	9,38
CEL	125	134	0,5958	10,77
LIG	309	303	0,7345	11,48
DIVMS	299	333	0,2166	14,92

EPM: erro padrão médio; P: valor de p; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEM: hemicelulose; CEL: celulose; LIG: Lignina; DIVMS: digestibilidade *in vitro* na matéria seca.

Foi observado efeito isolado do período do ano ($p<0,05$) nos teores de MS, PB (Figura 6A), FDA e DIVMS (Figura 6B). O maior teor de MS ocorreu durante o período seco, foi observado nesse mesmo período o menor teor de PB, enquanto, durante o período chuvoso evidenciou o menor teor de MS e maior teor de PB (Figura 6A), respectivamente.

Foram observadas no período chuvoso maiores concentrações de FDA e DIVMS, com valores de 449,23 g.kg⁻¹ e 383,09 g.kg⁻¹, e menores teores no seco com 422,65 g.kg⁻¹ e 248,98 g.kg⁻¹, respectivamente. A DIVMS diferiu em relação aos períodos do ano ($p<0,05$), sendo superior no período chuvoso (Figura 6B), atingindo 383,09 g.kg⁻¹ MS.

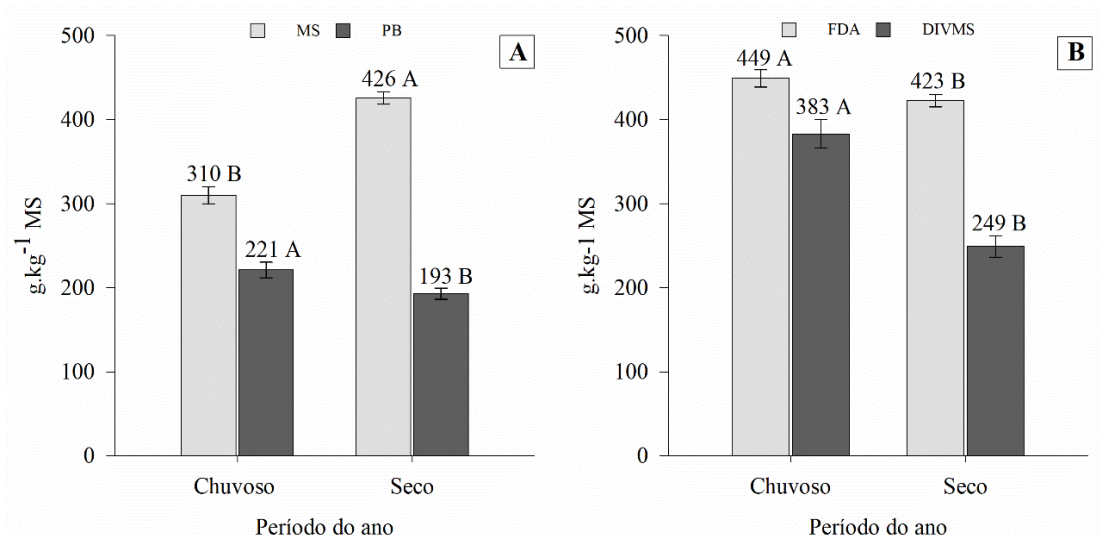


Figura 6. Teores de MS e PB (A), FDA e DIVMS (B) da *Mimosa caesalpiniiifolia* no período chuvoso e seco no primeiro ano de avaliação em Garanhuns-PE. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre os períodos do ano, pelo teste de F ($P \leq 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão médio (EPM).

Foi observado interação período do ano x ano de avaliação nos teores de PB, FDN e HEM da sabiá em SSP (Tabela 4). Durante o período chuvoso do primeiro ano de avaliação ocorreu a maior concentração de PB (223,41 g.kg⁻¹ MS), em relação ao período seco desse mesmo ano (189,55 g.kg⁻¹ MS); já no segundo ano, a concentração de PB não diferiu durante os períodos chuvoso e seco (média de 185,5 g.kg⁻¹ MS). No primeiro ano de avaliação, o teor de FDN não diferiu entre o período chuvoso (604,00 g.kg⁻¹) e seco (563,23 g.kg⁻¹), além disso, comparando o período seco dos dois anos não houve diferença significativa. No entanto, foi observado redução da FDN (465,29 g.kg⁻¹) no período chuvoso do segundo ano de coleta.

Foi observada durante o período seco do primeiro ano de avaliação, a menor concentração de HEM (139,48 g.kg⁻¹ MS), enquanto no segundo ano de avaliação nesse mesmo período ocorreu aumento significativo da HEM (255,16 g.kg⁻¹ MS). Considerando o período seco do segundo ano, é possível inferir que a sabiá em SSP concentrou mais HEM (Tabela 4) do que a sabiá em SSP (Figura 7B).

Tabela 4. Interação período do ano x ano de avaliação no teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose (HEM) de *Mimosa caesalpinifolia*, sob sistema silvipastoril, de fevereiro de 2021 a outubro de 2022, em Garanhuns-PE.

Período do ano	Ano de avaliação		p-valor	EPM
	2021	2022		
PB (g.kg ⁻¹)				
Chuvoso	223 Aa	173 Ba	0,0002	11,82
Seco	190 Ab	192 Aa	0,7365	8,36
p-valor	0,0025	0,0748		
FDN (g.kg ⁻¹)				
Chuvoso	604 Aa	465 Bb	0,0010	38,15
Seco	563 Aa	549 Aa	0,6050	26,97
p-valor	0,2268	0,0166		
HEM (g.kg ⁻¹)				
Chuvoso	153 Aa	158 Ab	0,8733	30,28
Seco	139 Ba	255 Aa	<0,0001	21,41
P	0,6064	0,0009		

EPM: erro padrão médio; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; HEM: hemicelulose. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

O maior teor de LIG (253,30 g.kg⁻¹ MS) ocorreu durante o período chuvoso, enquanto no período seco a concentração de LIG (227,90 g.kg⁻¹ MS) sofreu declínio (Figura 7A). Os maiores teores de FDA (437,31 g.kg⁻¹ MS) e LIG (303,16 g.kg⁻¹) ocorreram no primeiro ano de avaliação (Figura 7B), enquanto os menores foram constatados no segundo ano de avaliação com 300,63 g.kg⁻¹ MS e 178,10 g.kg⁻¹ MS, respectivamente.

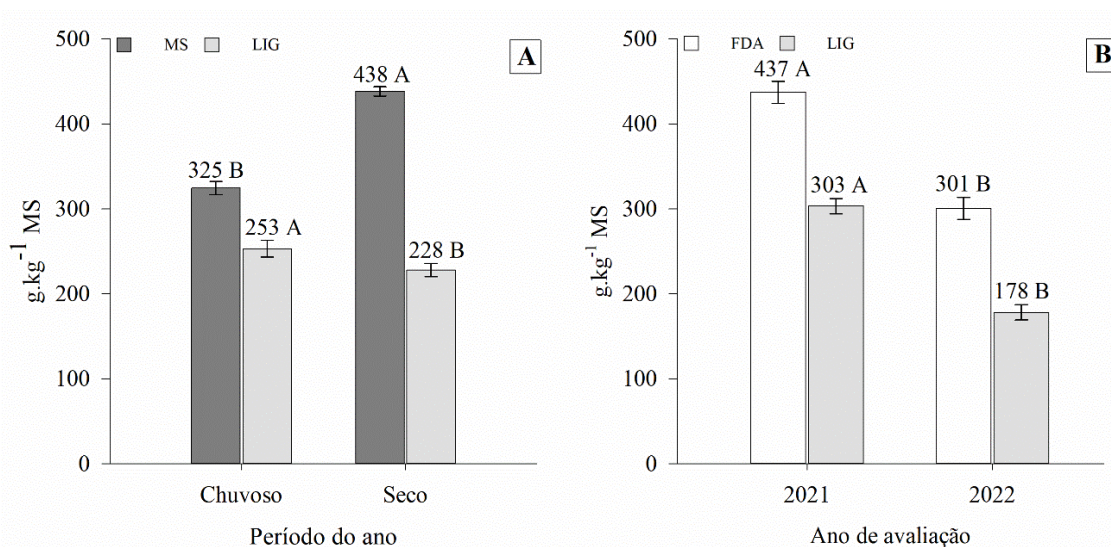


Figura 7. Teores de MS e LIG de *Mimosa caesalpinifolia* em diferentes períodos do ano (A) e FDA e LIG em diferentes anos de avaliação em SSP, Garanhuns-PE. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre os períodos do ano (A) e anos de avaliação (B), pelo teste de F ($P \leq 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão médio (EPM).

Foi observado durante o período chuvoso, maior concentração de DIVMS em relação ao período seco (Figura 8).

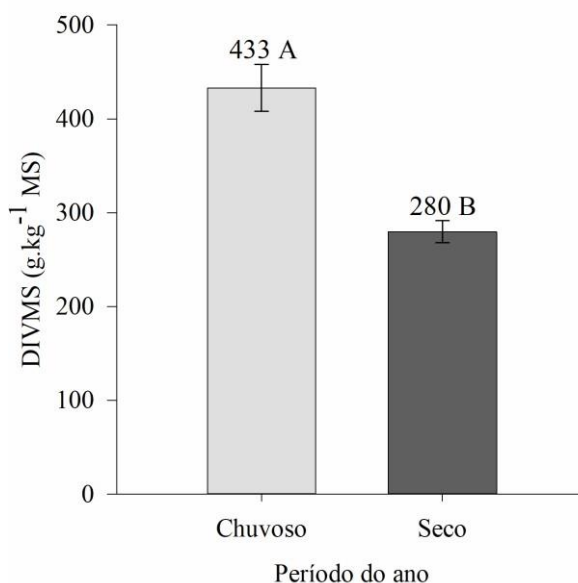


Figura 8. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da *Mimosa caesalpinifolia* em diferentes períodos do ano em silvipastoril, Garanhuns-PE. Médias seguidas por letras diferentes nas barras diferem entre si, pelo teste de F ($P \leq 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão médio (EPM).

4 DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

A ausência de efeito ($p > 0,05$) entre sistema de cultivo para AP pode ser explicada pela maior competição intraespecífica por luz entre plantas que houve no monocultivo (5.000 plantas ha^{-1}), visto que após os 38 meses do plantio, as plantas já haviam atingido seu desenvolvimento pleno (4,5 m). Além disso, a sabiá apresenta rápido crescimento inicial, sendo uma das principais vantagens desta espécie em áreas de pastagens, quando comparada a outras leguminosas arbóreas e exóticas (SILVA *et al.*, 2014; HERRERA *et al.*, 2021). Algumas respostas morfológicas sob efeito de competição podem ocorrer na área da copa, ramificação e forma do caule afetando a produção de madeira (YANG *et al.*, 2019). Por exemplo, sob competição pela luz, as plantas equilibram o investimento nas folhas passando a investir em estruturas de suporte, como caules e ramos, que colocam as folhas em posição mais vantajosa para a competição (CARDWELL, 1987). Além disso, visando interceptar mais luz, as plantas mudam o equilíbrio entre o crescimento vertical e o crescimento lateral, o que eventualmente desencadeia à transformação arquetônica (CLARK, 2010).

Isso pode explicar os resultados de outros estudos na mesma área experimental na fase

inicial de crescimento da sabiá. Por exemplo, Carvalho *et al.* (2022) avaliaram a AP no crescimento inicial (29 meses) e observaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de cultivo, com valores médios de AP no monocultivo de 2,4 m e SSP com 2,8 m. Oliveira Neto (2022) avaliou a sabiá até os 38 meses e obteve também efeito significativo com maior AP no monocultivo (3,6 m) e SSP (3,4 m). Assim, é possível que o sistema de cultivo influencie a altura de planta no crescimento inicial (38 meses), quando as plantas atingiram seu pleno desenvolvimento (38 a 60 meses). No caso do presente estudo, não foi observada diferença de AP entre os sistemas de cultivo. De acordo com Lorenzi (2002), a sabiá pode apresentar variação de altura entre 5 e 8m.

Em estudo na Zona da Mata seca do estado de Pernambuco, Herrera *et al.* (2021) avaliaram a dinâmica de crescimento e valor nutritivo de diferentes espécies de leguminosas (glicíndia e sabiá) em SSPs com capim-braquiária e observaram maior AP da sabiá (6,1 m) em relação a glicíndia (4,9 m) aos sete anos de idade. O rápido crescimento da sabiá em SSPs, quando comparado a glicíndia, pode ser justificado pelo reduzido consumo pelos animais em pastejo, em função da forte presença de acúleos e taninos condensados, que limitam a ingestão dos animais por essa planta (CARVALHO *et al.*, 2022; OLIVEIRA NETO, 2022). O contrário ocorre com a glicíndia, pela alta aceitabilidade, os animais consomem mais essa leguminosa e isso acaba prejudicando o seu crescimento e desenvolvimento (HERRERA *et al.*, 2021).

Em relação a MF, a ausência de efeito de sistema de cultivo ($p > 0,05$) (Tabela 1) pode ser explicada pelo maior adensamento no monocultivo (5.000 plantas ha^{-1}) comparado ao SSP (600 plantas ha^{-1}). Em cultivos mais adensados é esperado maior produção de fitomassa, até certo ponto (primeiro ano), como também maior produção de madeira comercializável por área, no entanto, tal condição em monocultivo resultou em maior sombreamento (árvores com média de 4,9 m) no estrato inferior (1,5 m), devido ao alongamento do caule das árvores nessa condição (PACIULLO *et al.*, 2011; TAIZ *et al.*, 2017), reduzindo a produção de forragem por planta (7 g MS $planta^{-1}$) e a MF (Tabela 2), devido à baixa incidência de luz no estrato inferior do monocultivo de sabiá. Wang *et al.* (2012) indicaram que a forte competição reduz os recursos disponíveis e diminui o crescimento e o acúmulo de biomassa das árvores.

Por outro lado, no SSP a menor densidade de resulta em menor competição entre as plantas contribuindo para maior PMSP (36 g MS $planta^{-1}$) (Tabela 1) quando comparado ao monocultivo de sabiá.

A reduzida PMSP contribuiu para redução da MF (35 kg MS ha^{-1}) no monocultivo de sabiá, isso pode ter contribuído para minimizar efeito significativo dos sistemas de cultivo na

massa de forragem. Yang *et al.* (2019) relataram que as árvores competem tanto pela luz, como por espaço, sob forte competição, as árvores de carvalho (*Quercus liaotungensis* Koidz.) reduziram a biomassa dos seus ramos, elevando a biomassa das partes subterrâneas, ao mesmo tempo que o crescimento do caule também sofreu aumento. Oliveira Neto (2022) avaliando a MF até 1,5m de altura na mesma área experimental, entre 2019-2020 a 2020-2021, no período seco, reportou valores de MF entre 24 e 332 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

A MF obtida no presente estudo em monocultivo e SSP são superiores aos obtidos por Silva *et al.* (2014), em áreas com densidade de 600 plantas ha⁻¹, ao realizarem a colheita aos 54 meses de idade de ramos e folhas reportaram um valor médio de 6,49 kg MS ha⁻¹ e abaixo dos resultados obtidos por Costa *et al.* (2016) e Oliveira *et al.* (2018) que observaram valores médios variando de 94 a 624 kg MS ha⁻¹ em áreas consorciadas de sabiá com capim-braquiária durante o período de setembro de 2012 a agosto de 2013, com a densidade de 2.500 plantas ha⁻¹, com altura de coleta considerada até 1,5 m. Outro fator preponderante é que tais reduções de MF também foram relatadas por Herrera *et al.* (2021), em consórcios de leguminosas com gramíneas em Itambé-PE, variando de 0 a 27 kg MS ha⁻¹ de folhas, conforme a disponibilidade hídrica no momento da colheita.

Isso provavelmente ocorreu devido o maior número de fustes no monocultivo em comparação ao SSP. Apolinário *et al.* (2015) reportaram que o desenvolvimento do DAP da sabiá foi inversamente relacionado ao aumento no número de fustes. Essa planta possui como característica ramificações dicotômicas que foram mobilizadas para estimular o alongamento do caule e crescimento em monocultivo, porém, isso é uma característica do “estiolamento” das plantas, as quais sofrem alterações hormonais, concentrando seus assimilados no alongamento dos caules, conseqüentemente, apresentando menor diâmetro basal e contribuindo para menor DAP (HERRERA *et al.*, 2021).

A sabiá é uma espécie que apresenta madeira pesada, compacta e com baixo teor de umidade (RIZZINI, 1981). O valor comercial das estacas de sabiá, com diâmetro entre 12,6-21,9 cm de circunferência é estimado, aproximadamente, entre US\$ 0,9 a 1,6 estaca⁻¹, e com diâmetro de 25,5 cm entre US\$ 1,9 a 2,4 estaca⁻¹ (ambos com 2,2 m de comprimento). De acordo com Herrera *et al.* (2021) estacas com estes diâmetros correspondem aos ramos intermediários e grossos e possuem potencial para contribuir no incremento de renda do produtor, principalmente em SSP com sabiá.

As árvores produzidas no presente estudo se enquadram com DAP dentro dessa faixa comercial e poderia contribuir para complementação da renda do produtor, principalmente no maior DAP observado pelo SSP-sabiá. Entretanto, é importante considerar que, desde a

implantação, as árvores não sofreram nenhuma ação de manejo de desbaste. Segundo Murta Júnior *et al.* (2020), a poda pode estimular a produção de madeira de alta qualidade, ao obter árvores de grande porte em menor tempo, alterando as características dendrométricas das árvores remanescentes.

O diâmetro basal foi maior no SSP-sabiá foi 19% maior que o observado no monocultivo, provavelmente devido a menor competição intraespecífica por luz, água e nutrientes (SILVA *et al.*, 2021a). Ainda, essa variável aumentou significativamente com o decorrer do período de avaliação, com DB médio de 18,7 cm durante o período experimental. Herrera *et al.* (2021) e Carvalho *et al.* (2022) relataram diâmetros basais de 7,6 cm e 13,2 cm, aos 84 e 29 meses após plantio, respectivamente. No presente estudo, após 60 meses de estabelecimento, o DB foi de 24 cm, representando 3,16 e 1,8 vezes maiores que o relatado por esses autores, respectivamente.

Esse maior DB provavelmente ocorreu devido a esta planta ter tido maior tempo (cinco anos) para crescimento do sistema radicular, que pode acessar nutrientes e água em camadas mais profundas do solo (LIRA JR *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021) e, com isso, continuou seu crescimento. Além disso, é importante monitorar a altura das arvores para melhorar o manejo do componente florestal, visando conhecer o seu potencial no ambiente ao qual está inserida (RAJAB-POURRAHMATI *et al.*, 2017).

A menor MF durante o período seco pode ser justificada devido a caducifolia da sabiá, ocorrendo a senescência das folhas e desprendimento dos ramos no período seco (CASTRO FILHO *et al.*, 2016). Embora tenha ocorrido incremento na MF de 37% no período chuvoso (Figura 4B), o resultado obtido no presente estudo é inferior ao relatado por Oliveira Neto (2022) (661 kg MS ha⁻¹). No entanto, esse autor ressalta que nem todo esse material encontra-se prontamente acessível para consumo animal, devido a maior parte estar localizada acima do estrato pastejável. Esse material poderá contribuir na ciclagem de nutrientes via deposição de serrapilheira e ciclagem de N ao sistema, contribuindo indiretamente para a produção animal (APOLINÁRIO *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2023).

No primeiro ano de avaliação no monocultivo ocorreu maior MF (69 kg MS ha⁻¹) sendo superior ao SSP nos dois anos de avaliação com valor médio de 22 kg MS ha⁻¹. Essa variação pode ser explicada devido ao maior número de plantas no monocultivo (5.000 plantas ha⁻¹) em relação ao SSP (600 plantas ha⁻¹). Além disso, no segundo ano a redução da MF ocorreu por conta do sombreamento provocado pelo crescimento do caule das plantas na busca por luz, assim, a massa de forragem foi limitada no estrato inferior das árvores.

As leguminosas produzem menor forragem quando comparadas as gramíneas devido

ao metabolismo fotossintético ser menos eficiente, devido à presença da fotorrespiração em condições de altas temperaturas (TAIZ *et al.*, 2017). Vale ressaltar que a produção de sabiá foi considerada apenas ramos finos e até 1,5 m altura.

4.2 VALOR NUTRITIVO

Maiores teores de MS durante o período seco são normalmente observados, visto que os teores de umidade no solo são reduzidos, em função da ausência de precipitação, tendo como consequência menores teores de umidade nas plantas também (PEREIRA *et al.*, 2022). Nesse período, há restrição no crescimento vegetal (MUKARRAM *et al.*, 2021), resultando em maiores concentrações de MS nas estruturas das plantas.

A redução do teor de PB no período de estiagem ocorre pela perda de qualidade em virtude da maturação das folhas nesse período (Figura 6A). Carvalho *et al.* (2022) observaram maior teor de PB em folhas de sabiá durante o período chuvoso, com o teor sendo reduzido na época seca, com o avanço da maturidade das folhas e também decorrente da caducifolia. Já em outros trabalhos (BHARDWAJ *et al.*, 2021; NAVALE *et al.*, 2022; SHARMA *et al.*, 2023), foi reportada variação no teor de PB na folhagem de outras espécies arbóreas durante épocas do ano. A variação sazonal de temperatura, precipitação e outras condições climáticas afetam o processo fotossintético, o que altera a produção de forragem e o valor nutricional (RAVHUHALI *et al.*, 2022). O teor de PB nas folhas é considerado um dos parâmetros nutricionais mais importantes para a saúde animal e sua produtividade (SHARMA *et al.*, 2023), pois os ruminantes necessitam, no mínimo, de 70 g.kg⁻¹ de PB para manter os processos metabólicos no rúmen (VAN SOEST, 1994). A partir disso, no presente estudo o teor de PB na época chuvosa e seca com valor médio de PB (194 g.kg⁻¹ MS) pode atender às exigências nutricionais para bovinos de corte com ganho médio diário de 0,7 kg dia⁻¹ e 250 kg PC⁻¹ em SSP (SALES *et al.*, 2010). No entanto, é importante considerar que parte dessa PB pode estar ligada à fibra.

As plantas geralmente apresentam maiores taxas de crescimento no período chuvoso do ano, em função da maior disponibilidade de água e nutrientes no solo (PIAO *et al.*, 2019), resultando em maior produção de biomassa e, conseqüentemente, maior acúmulo de tecidos fibrosos de sustentação, via aumento da espessura das paredes celulares (FERREIRA *et al.*, 2023). Além disso, a participação de ramos e galhos ≤5,0 mm coletados junto com as folhas podem ter contribuído para aumentar o teor de FDA em ambos os períodos do ano, fato que também explica o baixo coeficiente de DIVMS durante os períodos chuvoso e seco. Herrera *et al.* (2021) avaliaram o valor nutritivo da sabiá em SSP em Itambé-PE e obtiveram teor de

FDA ($392 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) nas folhas de sabiá, pois foi realizada a separação (folha e ramos) do material coletado, no presente estudo as concentrações de FDA foram altas em ambos os períodos, porque as amostras foram compostas por folhas e ramos finos da leguminosa.

Em relação à DIVMS, com o avanço da maturidade da folha, ocorre o espessamento e o aumento da lignificação da parede celular, isso resulta em declínio na digestibilidade (LIMA *et al.*, 2019), fato que provavelmente ocorreu no período seco ocasionando o baixo teor de DIVMS ($248,98 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). É importante ressaltar que a redução da digestibilidade pode reduzir o consumo de forragem, devido à redução da taxa de passagem (MERTENS, 2010), comprometendo assim o desempenho animal ao longo do tempo. No entanto, os fatores abióticos (precipitação, temperatura e fertilidade do solo) têm efeito direto também no valor nutritivo da forragem (SILVA *et al.*, 2021).

Os teores de PB obtidos no presente estudo reafirmam a importância do uso de leguminosas nos sistemas de produção em pastejo, visto que foram observados valores acima dos 7% exigidos para a manutenção da microbiota ruminal. Além do aumento dos teores de PB da dieta dos animais em pastejo, a serrapilheira rica em N é capaz de fornecer fonte adicional desse nutriente para o componente herbáceo. E assim, aumentar o potencial produtivo e qualitativo da forragem oriunda do estrato herbáceo (FIGUEIREDO *et al.*, 2023), fornecendo um serviço ecossistêmico importante, pela incorporação da serrapilheira no solo, que passará pelo processo de mineralização e resultará na ciclagem de nutrientes (LIRA JR *et al.*, 2020; MORENO-GÁLVAN *et al.*, 2023). E a partir desse processo, pode contribuir para melhorar a qualidade do solo, mediante armazenamento de carbono orgânico do solo (LÓPEZ-HERNANDEZ *et al.*, 2023).

Possivelmente, as variações dos teores de FDN (Tabela 4) podem ser associadas a maior participação de ramos finos, no primeiro ano, enquanto que a redução pode ter ocorrido devido às folhas estarem jovens, visto que, com maior disponibilidade de água, ocorre maior expansão foliar nas plantas. De acordo com Van Soest (1994), quando os valores de FDN ultrapassam a faixa de $550\text{-}600 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$, ocorre efeito negativo no consumo e na digestibilidade da forragem, conseqüentemente, prejudicando o desempenho animal.

A resposta de maior HEM em plantas durante o período seco é uma resposta de condições ambientais adversas. Em períodos de estiagem, as plantas ficam expostas a maiores exposições à radiação solar, maiores temperaturas e menor incidência de chuvas. As plantas submetidas a essas condições podem adotar adaptações anatômicas como maior densidade de tricomas, paredes celulares mais espessas e maior proporção foliar de esclerênquima e tecidos vasculares (KERING *et al.*, 2011; HABERMANN *et al.*, 2021). O aumento de HEM na

composição química da planta pode trazer alguns benefícios para os animais em pastejo, devido à facilidade dos microrganismos degradar essa fração no trato digestivo dos animais ruminantes em comparação com a celulose e lignina (LI, 2021).

O aumento dos teores de FDA e FDN reduz a digestão das fibras, limitando o consumo de forragem pelos ruminantes e conseqüentemente pode limitar o desempenho animal (HABERMANN *et al.*, 2021).

A síntese de lignina requer um alto consumo de energia e nutrientes, o que pode ser limitado durante o estresse hídrico. Ainda, essa fração é mais rica em carbono e menos hidratada quando comparada com as outras frações de hemicelulose e celulose, o que pode aumentar a demanda por água para a síntese desse composto Rupitak e Srisaikam (2021), além disso, o teor de LIG pode variar ao longo do tempo e crescimento da planta. É provável que a sabiá tenha acumulado mais HEM no período seco do que LIG (Figura 7A), tendo em vista a demanda hídrica e o gasto de energia para sintetizar essa fração fibrosa, tal suposição pode ser confirmada com a redução do teor de FDA e LIG no segundo ano de coleta em SSP (Figura 7B).

O considerável teor de PB e os reduzidos teores de FDN (Tabela 4), FDA e LIG (Figura 7B) no segundo ano contribuíram para elevar a digestibilidade da forragem de sabiá durante o período chuvoso, principalmente, porque sob disponibilidade hídrica as espécies C3 maximizam sua produção de forragem, esse período é favorável para o surgimento de novas folhas. As condições climáticas favoráveis com chuvas adequadas e temperaturas moderadas contribuem para maior qualidade da forragem e valor nutricional (TLAHIG *et al.*, 2024).

No aspecto nutricional, a DIVMS também está diretamente relacionada à concentração ruminal de ácidos graxos voláteis (AGVs), que depende do nível de ingestão alimentar e da composição da dieta (HALL *et al.*, 2015). Santos *et al.* (2020) avaliaram parâmetros de fermentação ruminal *in vitro* e produção de metano em *Urochloa brizantha* em SSP, associada a níveis de suplementação proteica e relataram que, no primeiro ano de avaliação, quando houve maior teor de FDN, foi observada menor digestibilidade, enquanto, no segundo ano, quando a forragem apresentou maior concentração de PB, houve acréscimo nos coeficientes de digestibilidade, conseqüentemente, maiores concentrações de AGVs.

A digestibilidade é um dos parâmetros essenciais que revelam a forragem como fonte de energia para ruminantes (VAN SOEST, 1994). Por isso, compreender as variações no valor nutritivo da forragem ao longo do tempo é um avanço importante para auxiliar nas decisões no manejo do componente arbóreo em SSPs (CHEBLI *et al.*, 2022; SANTANA *et al.*, 2022). No presente estudo, a DIVMS pode ser considerada baixa (Figura 8), pois está fora da faixa

(600-670 g.kg⁻¹ MS) conforme relatado por Lascano (1994) para ensaios *in vitro*. No entanto, os teores de DIVMS estão de acordo com os valores (311 a 381 g.kg⁻¹ MS) obtidos na mesma área experimental por Carvalho *et al.* (2022b). O maior teor de DIVMS em SSP no período chuvoso vs. seco (Figura 8) pode ser associado a maior participação de folhas jovens da sabiá no período de maior disponibilidade hídrica (Figura 2). Enquanto, outros fatores como o aumento do teor de FDN (caducifolia: perda das folhas) e aumento do teor de taninos condensados (60 g.kg⁻¹ MS) (OLIVEIRA NETO, 2022) no período seco contribuíram para reduzir a DIVMS.

Outro fator que deve ser levado em consideração no valor nutritivo da forragem, em leguminosas, é a presença de compostos secundários, como o tanino, que pode afetar a aceitabilidade do alimento, ocorrendo assim, uma redução na ingestão voluntária e na digestibilidade da matéria seca (GUIMARÃES-BEELLEN *et al.*, 2006). Diniz *et al.* (2024) avaliaram o valor nutritivo de *Stylosanthes spp.* e reportaram que a maior concentração de taninos condensados ocorreu na maior frequência de corte (98 dias) e no período seco, visto que a biossíntese de taninos condensados está relacionada às condições ambientais e à idade da planta, podendo variar com fatores abióticos associados a mudanças de temperatura, teor de água no solo, radiação fotossinteticamente ativa e deficiência de nutrientes minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Desta forma, os taninos condensados representam substâncias que podem afetar negativamente a utilização dos nutrientes pelos ruminantes, devido às suas características antinutricionais (COSTA *et al.*, 2021).

5 CONCLUSÕES

Quando cultivada em SSP, a sabiá apresenta características dendrométricas favoráveis à produção de madeira de melhor qualidade, menor tempo de colheita, maior produção de forragem por planta e maior valor nutritivo da forragem, quando comparada à sua exploração em monocultivo.

O manejo de poda deve ser considerado em sistemas exclusivos e SSPs (com alta densidade arbórea) de sabiá para não limitar o crescimento e produção de forragem da leguminosa.

REFERÊNCIAS

- APOLINÁRIO, V.X.O. *et al.* Arboreal legume litter nutrient contribution to a tropical silvopasture. **Agronomy Journal**, v.108, p.2478-2484, 2016.
- APOLINÁRIO, V.X.O. *et al.* Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. **Agronomy Journal**, v.107, p.1915-1921, 2015.
- BARBOSA, V.V. *et al.* Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – **Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 02, p.353–367, 2016.
- BHARDWAJ, D. R. *et al.* Influence of aspect and elevational gradient on vegetation pattern, tree characteristics and ecosystem carbon density in Northwestern Himalayas. **Land**, v. 10, n. 11, p. 1109, 2021.
- CARDWELL, M.M. **Plant architecture and resource competition**. Berlin: Springer, p. 164-179, 1987).
- CARVALHO, C.B.M. *et al.* Initial growth and survival of Eucalyptus spp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems and their impact on herbage accumulation of *Urochloa decumbens* Stapf RD Webster. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 7, p. 1053-1064, 2022a.
- CARVALHO, C.B.M. *et al.* Nutritive value of *Urochloa decumbens* Stapf R. D. Webster and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. and performance of cattle in monoculture and silvopastoral systems, in the Agreste region of Pernambuco. **Tropical Animal Health and Production**, v.54, p.246-254, 2022b.
- CASTRO FILHO, E.S. *et al.* Dry matter yield and bromatological composition of *Gliricidia* in different crop densities. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1038–1043, 2016.
- CAVALCANTI, F.J.A. *et al.* **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª edição revisada**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, 2008.
- CHEBLI, Y. *et al.* Forage availability and quality, and feeding behaviour of indigenous goats grazing in a Mediterranean silvopastoral system. **Ruminants**, v. 2, n. 1, p. 74-89, 2022.
- CLARK, James S. Individuals and the variation needed for high species diversity in forest trees. **Science**, v. 327, n. 5969, p. 1129-1132, 2010.
- COSTA, S.B.M. *et al.* Livestock performance in warm-climate silvopastures using tree legumes. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2026–2035, 2016.
- DINIZ, W.P.S. *et al.* Yield and nutritive value of *Stylosanthes* spp. genotypes subjected to different harvest frequencies and seasons of the year. **The Journal of Agricultural Science**, p. 1-9, 2024.
- DUBEUX JR., J.C.B. *et al.* Tree legumes: An underexploited resource in warm-climate silvopastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 689–703, 2017.

FERREIRA, M.R. *et al.* How Are Warm-Season Pastures' Nutritive Value and Fermentation Characteristics Affected by Open Pasture, Silvopasture, and Sward Herbage Maturity?. **Agronomy**, v. 13, n. 7, p. 1756, 2023.

FIGUEIREDO, C.C. de *et al.* Nitrogen Use Efficiency in an Agrisilviculture System with *Gliricidia sepium* in the Cerrado Region. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1647, 2023.

FLORES-COELLO, G. *et al.* Intensive Silvopastoral Systems Mitigate Enteric Methane Emissions from Cattle. **Atmosphere**, v. 14, n. 5, p. 863, 2023.

FLUMIGNAN, D.L. *et al.* Diameter growth of eucalyptus trees in agroforestry systems and its relation to air temperature and precipitation. **Agroforestry Systems**, 2023.

GUIMÃRES-BEELLEN, P.M. *et al.* Characterization of condensed tannins from native legumes of the Brazilian northeastern semi-arid. **Scientia Agricola**, v.63, p.522-528, 2006.

HABERMANN, E. *et al.* Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C₄tropical grass. **Physiologia Plantarum**, v.165, p.383-402, 2019.

HABERMANN, E. *et al.* How does leaf physiological acclimation impact forage production and quality of a warmed managed pasture of *Stylosanthes capitata* under different conditions of soil water availability?. **Science of the Total Environment**, v. 759, p. 143505, 2021.

HERRERA, A.M. *et al.* Decomposition of senescent leaves of signalgrass (*Urochloa decumbens* Stapf. R. Webster) and arboreal vegetables in silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v.94, pp.2213-2224, 2020.

HERRERA, A.M. *et al.* Potential of *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster]. **Agroforestry Systems**, v.95, p.1061-1072, 2021.

HOOSBEEK, M.R.; REMME, R.P.; RUSCH, G.M. Trees enhance soil carbon sequestration and nutrient cycling in a silvopastoral system in south-western Nicaragua. **Agroforestry Systems**, v. 92, p.263–273, 2018.

IUSS Working Group. World Reference Base for Soil Resources (2014) International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. **World Soil Resources Reports**, 106, 2014.

KENDALL, N.R. *et al.* Trace element composition of tree fodder and potential nutritional use for livestock. **Livestock Science**, v. 250, p. 104560, 2021.

KERING, M.K. *et al.* Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 42, n. 16, p. 1958-1971, 2011.

LASCANO, C.E. Nutritive value and animal production of forage *Arachis* In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Eds.) **Biology and Agronomy of forages Arachis**. Cali: CIAT, p.109-121,1994.

LIMA, M. A. *et al.* Evaluation of a long-established silvopastoral *Brachiaria decumbens* system: Plant characteristics and feeding value for cattle. **Crop and Pasture Science**, v.70, p.814-825, 2019.

LIRA JUNIOR, M.A. *et al.* Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment. **Catena**, v. 189, p. 104508, 2020.

LIU, C.L.C.; KUCHMA, O.; KRUTOVSKY, K.V. Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. **Global Ecology and Conservation**, v. 15, p. 1-13, 2018.

LOPES, C.M. *et al.* Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capimbraquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, p.225-233, 2017.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J.C. *et al.* Carbon storage and sequestration rates in *Leucaena leucocephala*-based silvopasture in Southern Mexico. **Agroforestry Systems**, p. 1-17, 2023.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Plantarum**, 2002. v.1. 368p.

MELLO, A.C.L. *et al.* Pasture characteristics and animal performance in a silvopastoral system with *Brachiaria decumbens*, *Gliricidia sepium* and *Mimosa caesalpinifolia*. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 2, n. 1, p. 85–87, 2014.

MERTENS, D.R. NDF and DMI – Has anything changed? Syracuse, NY: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, p.160-174, 2010.

MININI, D. *et al.* A review on the quality of wood from agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, p. 1-23, 2024.

MORENO-GALVÁN, A.E. *et al.* Long-term implementation of a silvopastoral system enhances soil P availability and bacterial diversity. **Geoderma**, v. 433, p. 116458, 2023.

MONTEIRO, A. *et al.* Crop-livestock-forestry systems as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions and enhancing the sustainability of forage-based livestock systems in the Amazon biome. **Science of The Total Environment**, v. 906, p. 167396, 2024.

MUKARRAM, M. *et al.* Drought: Sensing, signalling, effects and tolerance in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1291-1300, 2021.

MURTA JÚNIOR, L.S.M. *et al.* Características dendrométricas de eucalipto submetido a desbaste. **Scientia Forestalis**, v. 48, p. 1-14, 2020.

NAVALE, M.R. *et al.* Seasonal variations in the nutritive value of fifteen multipurpose fodder tree species: A case study of north-western Himalayan mid-hills. **Plos One**, v. 17, n. 10, p. e0276689, 2022.

NIZA COSTA, M. *et al.* Combined Use of a Bacterial Consortium and Early-Colonizing Plants as a Treatment for Soil Recovery after Fire: A Model Based on Los Guájares (Granada, Spain) Wildfire. **Biology**, v. 12, n. 8, p. 1093, 2023.

OLIVEIRA, O.F. *et al.* Características quantitativas e qualitativas de Caatinga raleada sob pastejo de ovinos, Serra Talhada (PE). **Revista Caatinga**, v.28, p.223-229, 2015.

OLIVEIRA, O.F. *et al.* Condensed tannins bioactivity and nutritional value of *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud. under sheep grazing and different forage allowances. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 100, p. 104359, 2022.

OLIVEIRA, J.T.C. *et al.* Methodologies in the evaluation of forage mass in tree legumes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, p.1-7, 2018.

OLIVEIRA NETO, P. M. **Fertilidade do solo, características produtivas e valor nutritivo de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster. e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em monocultivo e sistema silvipastoril.** 2022. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ONUWA, G. C.; ADEPOJU, A. O.; MAILUMO, S. S. Analysis of Arable Farmers' Agroforestry Practices in Bokokos Local Government Area, Plateau State, Nigeria. **Journal of Forests**, v. 8, n. 2, p. 161-170, 2021.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1176-1183, 2011.

PEREIRA, M. G. *et al.* Production potential and quality of *Panicum maximum* cultivars established in a semi-arid environment. **Tropical Animal Science Journal**, v. 45, n. 3, p. 308-318, 2022.

PEREIRA, T. P. *et al.* Characterization and biological activity of condensed tannins from tropical forage legumes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, p.1070-1077, 2018.

PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: Productivity parameters and PAR transmittance. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 312, p. 107350, 2021.

PIAO, S. *et al.* Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. **Global Change Biology**, v. 25, n. 6, p. 1922-1940, 2019.

RAJAB-POURRAHMATI, M. *et al.* Mapping lorey's height over Hyrcanian forests of Iran using synergy of ICESat/GLAS and optical images. **European Journal of Remote Sensing**, v. 51, n. 1, p. 100–115, 2017.

RAWAL, N. *et al.* Fertilizer management and incorporation of legumes on performance of maize (*Zea mays* L.) in western hills of Nepal. **Journal of Agriculture and Food Research**, p. 100690, 2023.

RAVHUHALI, K. E.; MSIZA, N. H.; MUDAU, H. S. Seasonal dynamics on nutritive value,

chemical estimates and in vitro dry matter degradability of some woody species found in rangelands of South Africa. **Agroforestry Systems**, p. 1-11, 2022.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 294 p. 1981.

ROLIM, G. D. S.; SENTELHAS, P. S.; BARBIERI, V. Planilhas do ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.

RUPITAK, Q.; SRISAIKHAM, S. Evaluation of yield production and chemical composition of three types of forage legumes at different cutting intervals and cutting times to assess their benefits as ruminant animal feed. CMUJ. **Natural Sciences**, v. 20, n. 3, p. e2021046, 2021.

SADRA, S.; MOHAMMADI, G.; MONDANI, F. Nitrogen release dynamics and carbon sequestration by legume and non-legume cover crops under pure and mixed planting conditions. **Agriculture**, v. 69, n. 1, p. 13-26, 2023.

SALES, M. F. L. *et al.* Exigências proteicas de bovinos de corte suplementados a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2066-2072, 2010.

SANTANA, J. C. S. *et al.* Productive characteristics, chemical composition, in vitro digestibility, and degradation kinetics of two *Brachiaria* grasses at different regrowth ages. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 6, p. 342, 2022.

SANTOS, A. M. G. *et al.* Animal performance in grass monoculture or silvopastures using treelegumes. **Agroforestry Systems**, v.94, p.615-626, 2020.

SANTOS, A. R. M. dos *et al.* In vitro ruminal fermentation parameters and methane production of Marandu palisadegrass (*Urochloa brizantha*) in a silvopastoral system associated with levels of protein supplementation. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 3, p. 339-350, 2020.

SCHWARZ, J.; SCHNABEL, F.; BAUHUS, J. A conceptual framework and experimental design for analysing the relationship between biodiversity and ecosystem functioning (BEF) in agroforestry systems. **Basic and Applied Ecology**, v. 55, p. 133-151, 2021.

SEGURA-ELIZONDO, B.; MOYA, R. Wood properties comparison of *Cedrela odorata* from trees in agroforestry and in pure plantation. **Wood Research**, v. 66, n. 1, p. 117-128, 2021.

SENGER, C. C. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169-174, 2008.

SILVA, C. L. *et al.* Wood and Bark of *Eucalyptus* and *Acacia* in Monospecific and Consortia Plantings. **Floresta e Ambiente**, v. 25, p. 1-8, 2018.

SILVA, I. A. G. *et al.* Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358-369, 2021a.

SILVA, I. A. G. *et al.* Tree canopy management affects dynamics of herbaceous vegetation and soil moisture in silvopasture systems using arboreal legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1509, 2021b.

SILVA P.S.L. *et al.* Biomass of tree species as a response to planting density and interspecific competition. **Revista Árvore**, v.38, p.319-329, 2014.

SIMIONI, G.F. *et al.* Response of birds to high biodiversity silvopastoral systems: Integrating food production and biodiversity conservation through applied nucleation in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 324, p. 107709, 2022.

SHARMA, V. *et al.* Defoliator attack (*Diorhabda lusca* maulik) on Kharik (*Celtis australis* L.): effect on nutritive value, phenology and biomass productivity. **Agroforestry Systems**, p. 1-16, 2023.

SOLONTSI, M. *et al.* Nutritive value of four Lucerne cultivars planted in two soil types at Bathurst research station, Eastern Cape Province, South Africa. **Journal of Agriculture Science**, v. 13, n. 10, p. 1048-1056, 2022.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TENIKECIER, H.S.; ATES, E. Yield, some cell wall component and mineral contents of fodder pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. Poir) forage as influenced by cultivar, growth stages and phosphorus application. **Journal of Elementology**, v. 26, n. 2, 2021.

TEIXEIRA, P.C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, v. 3. Embrapa, Brasília, p. 573, 2017.

THOMAS, A. *et al.* Growth dynamics of fast-growing tree species in mixed forestry and agroforestry plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 480, p. 1-12, 2021.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. The Water Balance. New Jersey: Drexel Institute Of 508 Technology. Publications in Climatology, p.104, 1955.

TLAHIG, S. *et al.* Genetic and seasonal variation in forage quality of lucerne (*Medicago sativa* L.) for resilience to climate change in arid environments. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, p. 100986, 2024.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Cornell University Press, Cornell, USA. 476 p, 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VIEIRA, E.L. *et al.* Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1505-1511, 2005.

WANG, J. *et al.* Effects of tree competition on the biomass partitioning of *Abies*

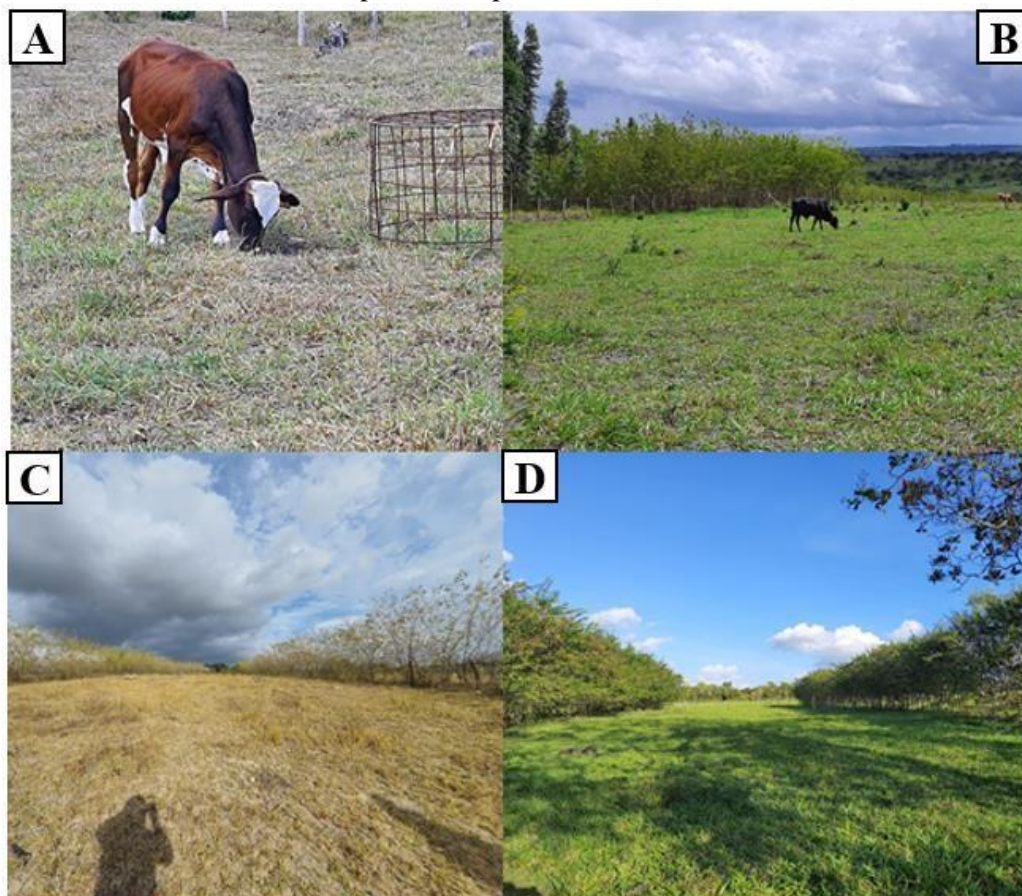
nephrolepis. **Scientia Silvae Sinicae**, v. 48, n. 4, p. 14-20, 2012.

YANG, X.; ZHANG, W.; HE, Q.. Effects of intraspecific competition on growth, architecture and biomass allocation of *Quercus liaotungensis*. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 284-294, 2019.

YDOYAGA-SANTANA, D.F. *et al.* Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.69-78, 2011.

APÊNDICES

Apêndice 1. Parcelas experimentais de monocultivo de capim-braquiária no período seco (A) e chuvoso (B) e sistema silvipastoril no período seco (C) e chuvoso (D).



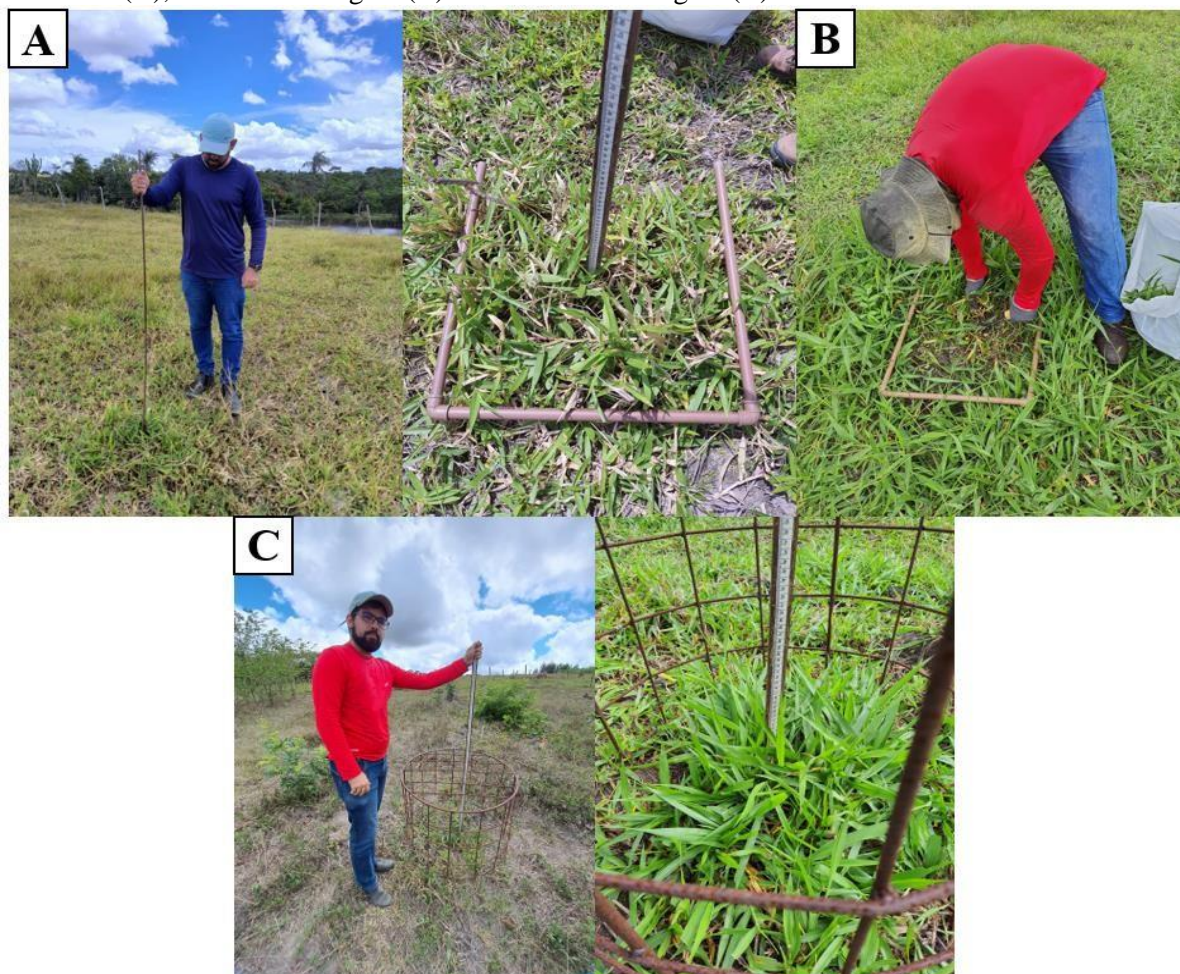
Apêndice 2. Capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) em sistema silvipastoril no município de Garanhuns-PE.



Apêndice 3. A leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) no período chuvoso (A) e seco (B) em sistema silvipastoril no município de Garanhuns-PE.



Apêndice 4. Avaliações no capim-braquiária nas parcelas experimentais de altura do dossel (A), massa de forragem (B) e acúmulo de forragem (C).



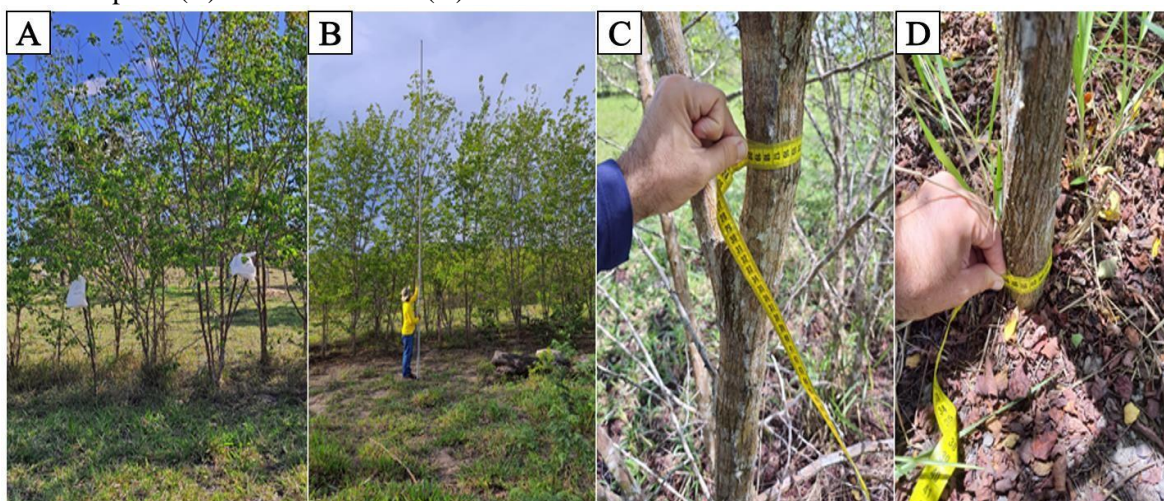
Apêndice 5. Separação dos constituintes morfológicos na massa de forragem (28 dias) do capim-braquiária (*Urochloa decumbens*).



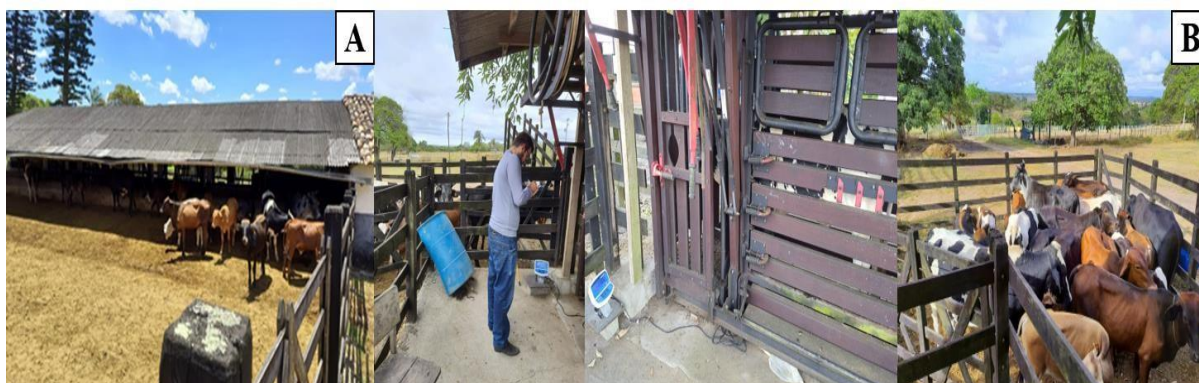
Apêndice 6. Amostras de capim-braquiária e sabiá após pré-secagem (A) e processamento físico das amostras na malha de 1 e 2 mm em moinho tipo Wiley (B).



Apêndice 7. Avaliações a cada 56 dias no componente arbóreo com coleta da massa de forragem (A) e medições das variáveis dendrométricas: altura de planta (B), diâmetro à altura do peito (C) e diâmetro basal (D).



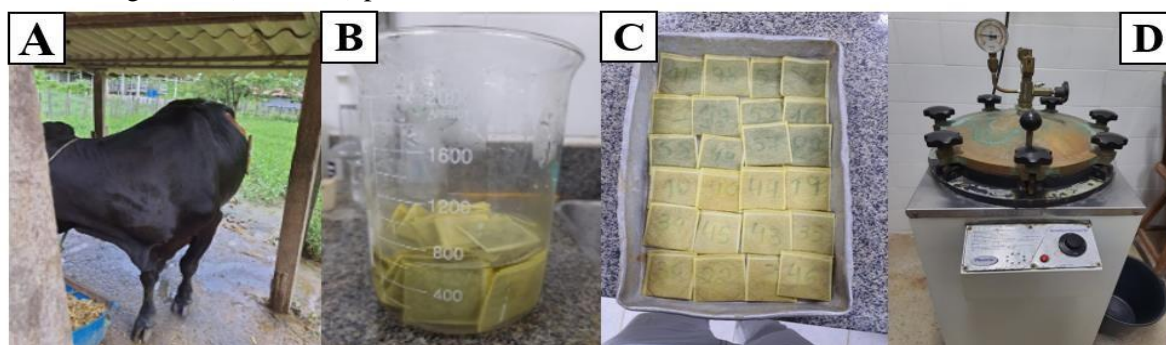
Apêndice 8. Manejo (A) e pesagem (B) dos animais para estimar o desempenho animal em cada ciclo de pastejo (28 dias).



Apêndice 9. Aplicação da lignina enriquecida e purificada (LIPE[®]) aos animais (A), coleta de fezes, homogeneização para obter amostra composta por tratamento (B), pesagem das amostras de fezes (C), pré-secagem das amostras (D) e preparo das amostras para determinação da produção fecal (E).



Apêndice 10. Incubação das amostras de capim-braquiária e fezes em vaca girolando por 288 horas (A), lavagem das amostras para retirar todo o líquido ruminal presente nas amostras (B), identificação das amostras (C) e determinação da fibra em detergente neutro indigestível (autoclave) para estimativo consumo de matéria seca.



Apêndice 11. Análise do teor de matéria seca (A) e matéria mineral (B) da forragem de *U. decumbens* e *Mimosa caesalpinifolia*.



Apêndice 12. Análise do teor de proteína bruta: digestão da amostra (A), destilação (B) e titulação (C) da forragem de *U. decumbens* e *Mimosa caesalpinifolia*.



Apêndice 13. Análise de fibra em detergente neutro (A) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (B) da forragem de *U. decumbens* e *Mimosa caesalpiniiifolia*.

