

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

TAFNES BERNARDO SALES SILVA

**RESPOSTAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DE LEGUMINOSAS
FORRAGEIRAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

**RECIFE
2022**

TAFNES BERNARDO SALES SILVA

**RESPOSTAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DE LEGUMINOSAS
FORRAGEIRAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

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. Márcio Vieira da Cunha

Coorientadores: Prof^ª. Dr^ª. Mércia Virginia Ferreira dos Santos; Dr. Osniel Faria de Oliveira

**RECIFE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586r Silva, Tafnes Bernardo Sales
Respostas produtivas e qualitativas de leguminosas forrageiras sob diferentes sistemas de cultivo / Tafnes Bernardo Sales Silva. - 2022.
78 f. : il.
- Orientador: Marcio Vieira da Cunha.
Inclui referências e apêndice(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Composição química. 2. Consórcio. 3. Digestibilidade. 4. Produção de forragem. I. Cunha, Marcio Vieira da, orient. II. Título

CDD 636



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

**RESPOSTAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DE LEGUMINOSAS
FORRAGEIRAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

Tese elaborada por
TAFNES BERNARDO SALES SILVA

Aprovada em 30/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza
Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Italtan Milfont Macêdo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Maria da Conceição Silva
Instituto Agrônômico de Pernambuco

Aos meus pais, por todo o amor, cuidado e dedicação sempre. Pelo investimento na minha educação, mesmo com todos os problemas financeiros, nunca medindo esforços para que eu tivesse a melhor educação ao meu alcance. Por toda paciência e horas de conselhos nos momentos de choro, incertezas e desespero, nunca me deixando desistir dos meus sonhos e objetivos. E, por fim, por serem a minha rocha firme e a razão de todas as minhas vitórias. Este título também é de vocês.

DEDICO

“Prefiram a minha instrução à prata, e o conhecimento ao ouro puro, pois a sabedoria é mais preciosa do que rubis; nada do que vocês possam desejar compara-se a ela”.

Provérbios 8:10-11

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as bênçãos na minha vida, sempre estando à frente de cada decisão tomada, abrindo os caminhos e me ajudando a trilhá-los. Por ter sido o meu refúgio e fortaleza em toda essa caminhada. Sem Ele, eu nada seria.

Aos meus pais e irmãos, por todas as orações, por todo o incentivo e ajuda sempre que precisei.

Ao meu marido Pedro (presente que a Rural me deu), por ser o melhor companheiro que eu poderia ter, me dando todo o suporte emocional, braçal e intelectual em todos esses quatro anos de estudo, sendo fundamental para a elaboração de toda a tese. Sem ele, este projeto não seria nem um terço do que foi.

Aos queridos amigos do Grupo de Forragicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco que, de alguma forma, contribuíram para esta tese. Em especial, à Géssica, Diana, Dayanne, Aurielle, Chrislanne e Pedro. E à querida Rayanne, que me trouxe e me recebeu na sua casa em Recife para a seleção do doutorado.

À minha amiga irmã Raiza, por ter sido minha professora, confidente e assistente técnica de toda a minha vida acadêmica.

Aos meus amigos da Universidade Federal do Ceará, que mesmo fisicamente distantes, sempre estiveram presentes e me ajudaram sempre que precisei: Theyson, Gleyson, Rafael, Walisson e Érica.

Ao meu orientador Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha, por todos os ensinamentos, por toda a paciência nos meus altos e baixos, pela confiança depositada em mim e por todo o exemplo de excelente profissional e orientador durante todos esses quatro anos. Minha eterna gratidão.

Aos meus coorientadores Professora Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos e Dr. Osniel Faria de Oliveira, por todo apoio e ensinamentos durante a condução do projeto de pesquisa.

À toda a equipe de funcionários da Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, em especial, aos funcionários Evanílson, Jean, Natália e Jefferson, que ajudaram sempre que possível mesmo não tendo a obrigação, mesmo assim ajudaram sem pôr obstáculos. Meu muito obrigada!

Por fim, à UFRPE e ao PPGZ, pela oportunidade de cursar o doutorado, à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

RESUMO GERAL

Dada a grande variabilidade morfológica das leguminosas forrageiras tropicais, é importante estudar aspectos produtivos e o valor nutritivo destas plantas sob diferentes condições de manejo de corte e sistema de plantio. Neste sentido, foram realizados dois experimentos em Carpina, Pernambuco, Brasil. No primeiro, o objetivo foi estudar o valor nutritivo de estilosantes cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa), cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e jureminha [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung], sob frequência de corte de 60 e 90 dias. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Maiores teores de proteína bruta (PB) ($p < 0,05$) ocorreram nas folhas da cunhã e da jureminha (233 e 219 g kg⁻¹ matéria seca (MS), respectivamente) e nos ramos da cunhã e do campo grande (75 e 74 g kg⁻¹ MS). Quanto às frequências de corte, só houve efeito ($p < 0,05$) nas concentrações de PB dos ramos com maiores concentrações quando colhidas aos 60 dias. Maiores frações indigestíveis ($p < 0,05$), tanto de carboidratos (259 g kg⁻¹ de carboidratos totais) quanto de proteínas aos 60 e 90 dias (139 e 136 g kg⁻¹ PB, respectivamente) foram verificadas nas folhas da jureminha. As leguminosas cunhã e campo grande são espécies promissoras para serem incorporadas aos diferentes sistemas de produção de forragem. No segundo experimento, o objetivo foi avaliar a produtividade e o valor nutritivo da cunhã consorciada a genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum.) de diferentes portes. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Maiores concentrações de PB foram observadas no consórcio com os capins de porte alto, Elefante B e IRI-381 (187 e 174 g kg⁻¹ MS, respectivamente). A digestibilidade da cunhã se destacou nos consórcios com Elefante B, IRI-381 e Taiwan A-146 2.37 (607, 608 e 584 g kg⁻¹ MS, respectivamente). Apesar dos genótipos não terem influenciado a cunhã na grande maioria das variáveis estudadas, os efeitos foram observados em variáveis decisivas para qualidade da forragem, o que faz com que a cunhã consorciada aos genótipos IRI-381 e Elefante B sejam os mais indicados para melhorar a qualidade da dieta dos animais.

Palavras-chave: *Clitoria ternatea* L., composição química, consórcio, *Desmanthus* spp., digestibilidade, produção de forragem, *Stylosanthes* spp.

GENERAL ABSTRACT

Considering the morphological variability of tropical forage legumes, it is important to study their productive aspects and nutritive value under different conditions of cutting management or cropping systems. In this sense, two experiments were carried out at Carpina, Pernambuco, Brazil. In the first one, the objective was to evaluate the nutritive value of stylo cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa), butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) and 'jureminha' [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung] under harvesting frequencies of 60 and 90 days. Experimental design occurred under complete randomized blocks and a split-plot arrangement, with four repetitions. Greater CP contents ($p < 0.05$) were observed in leaves of butterfly pea and jureminha (233 and 219 g kg⁻¹ DM, respectively), as well as the stems from butterfly pea and stylo cv. Campo Grande (75 and 74 g kg⁻¹ DM). Just the CP contents in stems were affected by the harvesting frequency ($p < 0.05$), and greater values were observed in the 60-day frequency. Greater indigestible fractions ($p < 0.05$), both in carbohydrates (259 g kg⁻¹ TC) and proteins, were observed in jureminha leaves harvested at 60 or 90 days (139 and 136 g kg⁻¹ CP, respectively). Butterfly pea and stylo cv. campo grande are promisors to be included in different forage production systems. In the second experiment, the objective was to evaluate both the productivity and nutritive value of butterfly pea intercropped with elephant grass genotypes (*Cenchrus purpureus* Schum.) that had different sizes. Experiment was carried out through a randomized complete blocks design with four repetitions. Greater contents of PB were verified when the legume was managed jointly with the tall clones, Elephant B and IRI-381 (187 and 174 g kg⁻¹, respectively). Butterfly pea digestibility stood out in the consortiums with Elephant B, IRI-381 and Taiwan A-146 2.37 (607, 608 and 584 g kg⁻¹, respectively). Although the genotypes did not affect the butterfly pea in most of the studied variables, the significant effects occurred in essential characteristics of forage quality, which indicates that the butterfly pea consortiums with IRI-381 and Elephant B genotypes are better indicated to improve the diet quality for animals.

Keywords: chemical composition, *Clitoria ternatea* L., *Desmanthus* spp., digestibility, grass-legume intercropping, productive aspects, *Stylosanthes* spp.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Stylosanthes</i> cv. campo grande (<i>Stylosanthes capitata</i> e <i>Stylosanthes macrocephala</i>) | 18 |
| Figura 2. <i>Desmanthus pernambucanus</i> (L.) Thell (acesso 7G) | 19 |
| Figura 3. <i>Clitoria ternatea</i> L. | 20 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Figura 1. Precipitação pluvial acumulada e temperaturas do ar mínimas (cinza claro), médias (cinza escuro) e máximas (preto) mensais em 2019 e 2020, Carpina, Pernambuco, Brasil. Dados obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) | 35 |
|--|----|

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figura 1. Precipitação mensal, temperatura média mensal e balanço hídrico do solo (CAMARGO; CAMARGO 2000) da área experimental em 2019 e 2020. Dados de precipitação e temperatura obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC 2020) | 59 |
| Figura 2. Relação folha-caule (A) e relação folha/vagem (B) da cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) cultivada em consórcio com diferentes genótipos de capim-elefante (<i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.), Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 64 |

APÊNDICES

| | |
|--|----|
| Apêndice 1. Parcela e subparcelas (frequências de 60 e 90 dias) logo após o corte de 60 dias. Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) | 73 |
| Apêndice 2. Adubação de implantação da área experimental | 73 |
| Apêndice 3. Implantação da área experimental..... | 74 |
| Apêndice 4. Parcela experimental do consórcio entre o genótipo ‘Taiwan A-146 2.37’ e a cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) | 74 |
| Apêndice 5. Análises laboratoriais. Matéria seca (A), matéria mineral (B), proteína bruta (C) e lignina (D) | 75 |
| Apêndice 6. Análises laboratoriais. Extrato etéreo (A), digestibilidade <i>in vitro</i> (B), fração A (C), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (D) | 76 |
| Apêndice 7. Análises laboratoriais. Curva padrão (A e B), taninos condensados e fenóis totais (C e D) | 77 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Concentrações de fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil | 39 |
| Tabela 2. Valor nutritivo das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil | 40 |
| Tabela 3. Concentrações de MM, PB, FDN e DIVMS dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil | 40 |
| Tabela 4. Composição química das folhas e dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 41 |
| Tabela 5. Fracionamento de carboidratos das folhas e ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil | 43 |
| Tabela 6. Frações proteicas A e B3 das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 44 |
| Tabela 7. Frações proteicas B1 + B2 e C das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 44 |
| Tabela 8. Fracionamento de proteínas dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 45 |
| Tabela 9. Concentração de taninos condensados e fenóis totais das folhas e dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil | 46 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Produção de forragem da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 63 |
| Tabela 2. Valor nutritivo da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 65 |
| Tabela 3. Fracionamento dos carboidratos da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 65 |
| Tabela 4. Fracionamento das proteínas da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante. Carpina, Pernambuco, Brasil | 66 |
| Tabela 5. Concentração de taninos condensados e fenóis totais da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante. Carpina, Pernambuco, Brasil..... | 66 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 2.1 Leguminosas forrageiras e os seus benefícios para a produção animal | 15 |
| 2.2 Estilosantes campo grande | 17 |
| 2.3 Jureminha | 19 |
| 2.4 Cunhã | 20 |
| 2.5 Consórcio entre gramíneas e leguminosas | 21 |
| 2.6 Influência da frequência de corte no desempenho de leguminosas forrageiras..... | 22 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| CAPÍTULO I – | |
| RESUMO | 32 |
| ABSTRACT | 33 |
| 1. INTRODUÇÃO | 34 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 35 |
| 2.1 Local do experimento, tratamentos e delineamento experimental | 35 |
| 2.2 Estabelecimento do experimento e coletas..... | 36 |
| 2.3 Composição bromatológica..... | 37 |
| 2.4 Digestibilidade <i>in vitro</i> | 38 |
| 2.5 Determinação de taninos condensados | 38 |
| 2.6 Análise estatística | 38 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 3.1 Resultados | 39 |
| 3.1.1 <i>Valor nutritivo</i> | 39 |
| 3.1.2 <i>Fracionamento dos carboidratos</i> | 42 |
| 3.1.3 <i>Fracionamento de proteínas</i> | 43 |
| 3.1.4 <i>Metabólitos secundários</i> | 45 |
| 3.2 Discussão..... | 46 |
| 4. CONCLUSÕES | 50 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 51 |
| CAPÍTULO II – | |
| RESUMO | 55 |
| ABSTRACT | 56 |
| 1. INTRODUÇÃO | 57 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 59 |
| 2.1 Local do experimento e condições climáticas | 59 |
| 2.2 Implantação, tratamentos e delineamento experimental..... | 59 |
| 2.3 Massa de forragem | 60 |
| 2.4 Composição bromatológica..... | 61 |
| 2.5 Digestibilidade <i>in vitro</i> | 62 |
| 2.6 Determinação de taninos condensados..... | 62 |
| 2.7 Análise estatística..... | 62 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 62 |
| 3.1 Resultados | 62 |
| 3.1.1 <i>Produtividade</i> | 62 |
| 3.1.2 <i>Valor nutritivo</i> | 63 |
| 3.1.3 <i>Fracionamento dos carboidratos</i> | 65 |
| 3.1.4 <i>Fracionamento de proteínas</i> | 66 |
| 3.1.5 <i>Metabólitos secundários</i> | 66 |
| 3.2 Discussão..... | 67 |
| 4. CONCLUSÕES | 69 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |

APÊNDICES..... 73

1 INTRODUÇÃO

A alimentação possui um grande impacto no custo dos sistemas de produção animal. Devido a isso, o uso de forragens alternativas de fácil cultivo, como as leguminosas forrageiras, passa a ser uma opção para a redução desses custos, por apresentarem elevado teor de proteína bruta e elevada produção de biomassa (SILVA et al., 2022). Essas leguminosas podem aumentar a oferta de N e os rendimentos de outras culturas, possibilitando a produção de uma forragem de melhor qualidade. Como tal, isso apresenta uma tecnologia útil que pode intensificar e melhorar de forma sustentável os meios de subsistência de produtores rurais em regiões de clima tropical e com baixo aporte de chuvas (BELL et al., 2022).

A utilização de leguminosas forrageiras no aspecto global é bastante ampla e a diversidade de espécies utilizadas como forrageiras é importante em diferentes climas e sistemas de cultivo. A *Food and Agriculture Organization* (FAO) lista uma ampla quantidade de leguminosas usadas como forragem, no entanto, somente um pequeno número é reconhecido como sendo de grande importância comercial (STRIKER; COLMER, 2016). Geralmente são utilizadas na forma de pasto ou fornecidas como silagem ou feno, podendo ser cultivadas como monoculturas ou em consórcio com outras espécies (PHELAN et al., 2015).

As leguminosas forrageiras tropicais foram usadas pela primeira vez em larga escala na década de 1950 no nordeste da Austrália. A *Stylosanthes humilis* Kunth foi introduzida em milhares de hectares de pastagens e trouxe importante contribuição para a produção extensiva de carne bovina. Muitos brasileiros estudaram Agronomia na Austrália nas décadas de 1960 e 1970 e trouxeram de volta a ideia, usando *Stylosanthes* spp. em pastagens brasileiras (BODDEY et al., 2020). O uso de leguminosas forrageiras perenes são historicamente mais cultivadas do que leguminosas forrageiras anuais. Elas foram amplamente introduzidas nos sistemas agrícolas europeus a partir do período renascentista, em que impulsionou a produção de forragem e o nitrogênio disponível para algumas culturas (ANNICCHIARICO et al., 2015).

Como exemplo de leguminosas forrageiras tropicais perenes têm-se as espécies do gênero *Desmanthus*, que ocorrem em toda a América, e têm grande potencial para melhorar a produção animal. As espécies desse gênero ocorrem naturalmente no Semiárido brasileiro, sendo uma forrageira altamente selecionada por animais em pastejo, podendo ser ingerida *in natura* ou como feno. Além disso, apresentam tolerância à colheita seja por corte e/ou pastejo (DINIZ et al., 2021).

O gênero *Stylosanthes* possui espécies nativas das áreas tropicais da América Latina. Sua distribuição se estende desde o Sul do México até o Norte da Argentina. A importância do

gênero *Stylosanthes* como planta forrageira é reconhecido há mais de um século. Não tolera solos mal drenados, mas é tolerante a solos ácidos, baixa incidência de chuvas e possui facilidade de rebrota após o corte (BRADLEY, 2019). Na atualidade, encontram-se dois cultivares pertencentes a esse gênero no mercado: o Mineirão (*Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris*) e o campo grande, que é uma cultivar formada por uma mistura de sementes de duas espécies distintas (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa) (REBONATTI, 2015). A recuperação de pastagens degradadas no Brasil com leguminosas como *Stylosanthes* cv. campo grande têm mostrado resultados promissores (SILVA et al., 2017). Pinheiro et al. (2014) constataram que pastagens de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) consorciadas com cv. campo grande podem sustentar a mesma produção animal que pastagens fertilizadas com 150 kg de N por ha⁻¹.

A leguminosa *Clitoria ternatea* L., conhecida como cunhã, é uma planta herbácea perene que tem despertado interesse significativo como forragem, por ser uma cultura fixadora de nitrogênio. A cunhã tem sido cultivada há muito tempo como forrageira, e rações feitas a partir desta planta apresentam características nutricionais e teor de carotenoides superior a outras leguminosas tropicais (OGUIS et al., 2019). Possui hábito de crescimento volúvel e, por isso, pode ter boa compatibilidade em consórcio com capim-elefante (ANDRADE et al., 2015).

O consórcio de leguminosas forrageiras para fornecimento de nitrogênio via fixação biológica favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, prolonga a utilização do pasto, além de reduzir a escassez de forragem mantendo sua composição química em níveis que melhorem a produção pecuária (TAMBARA et al., 2017; GONÇALVES et al., 2022). A busca por uma alta produção sem reduzir o valor nutritivo das forrageiras leva à questão de intensificar ou não a frequência de corte. Intervalos de corte mais longos, podem aumentar a produção de biomassa, porém, muitas vezes reduzindo o valor nutricional da forragem produzida (MONÇÃO et al., 2019).

Estudos sob o efeito dos intervalos de corte no valor nutritivo de algumas forrageiras sugeriram que a intensificação da frequência de corte de algumas espécies aumentou a produtividade sem afetar o valor nutritivo (ECKBERG et al., 2022; SILVA et al., 2022). Já Zailan et al. (2016) concluíram que é necessário estabelecer o melhor intervalo de corte para cada cultivar, mesmo da mesma espécie, a fim de equilibrar a quantidade e qualidade nutricional de cada forragem produzida. Com isso, estudos com leguminosas forrageiras e os efeitos dos diferentes manejos de corte e sistemas de cultivo sob o seu valor nutritivo é de extrema

importância para melhorias nos sistemas de produção animal, gerando alternativas de alimentos de melhor qualidade, reduzindo os custos e os impactos ambientais.

A hipótese deste trabalho é que o valor nutritivo de leguminosas forrageiras sofre modificações conforme o manejo de corte e sistema de cultivo. Com base nesse contexto, o trabalho teve por objetivo, avaliar diferentes formas de cultivo sobre caracteres produtivos e qualitativos em diferentes sistemas de produção de leguminosas forrageiras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Alimentar a população mundial é um grande desafio para o futuro devido ao crescente aumento do número de habitantes. Devido a isso, a produção de alimentos deve ser intensificada, mas ao mesmo tempo há uma grande preocupação com o impacto ambiental causado pela agropecuária, em particular a pecuária (BODDEY et al., 2020). Embora estudos mais antigos focassem no aumento da produtividade, pesquisas mais recentes têm se preocupado também com as questões ecológicas, sendo abordadas estratégias de produção que considerem o meio ambiente e um sistema de produção mais sustentável, como o uso de forragens que possam reduzir o uso de fertilizantes químicos (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018).

Desde o início da civilização e domesticação de animais e plantas, as forrageiras ocupam uma posição única, já que é uma excelente combinação da agricultura com a pecuária, favorecendo a economia rural e gerando empregos (ROY et al., 2016). As plantas forrageiras são tidas como um recurso de extrema importância na alimentação animal em todo o mundo, além de serem eficazes na manutenção de recursos naturais, no caso das leguminosas, podem transferir nitrogênio da atmosfera para o solo via fixação simbiótica de nitrogênio (HANSON; ELLIS, 2020). Misturas com leguminosas conferem aos pastos maior potencial de produtividade e boa qualidade de forragem. O uso dessas leguminosas evita não só a perda de produtividade e qualidade, mas também, principalmente, contribui para um uso mais moderado de fertilizantes de nitrogênio mineral em pastagens (ŠIDLAUSKAITĖ et al., 2022).

A produção de animais herbívoros em áreas tropicais e subtropicais do mundo tem como base alimentar as plantas forrageiras, sejam elas nativas ou cultivadas. Devido a isso, a busca por plantas forrageiras que sejam adaptadas a cada região e que possuam alta qualidade e produtividade tem sido cada vez mais comum (JANK et al., 2011). A baixa disponibilidade dessa forragem e a redução do seu valor nutritivo durante o período seco é um dos fatores limitantes da produção animal. As leguminosas forrageiras, quando comparadas às gramíneas,

apresentam maiores concentrações de proteína, maior digestibilidade e menor declínio do valor nutritivo com o avanço dos estádios fenológicos da planta (COSTA et al., 2014). O uso dessas leguminosas em pastagens tem se tornado uma estratégia, por ser uma forma sustentável de recuperar pastagens degradadas, e ao mesmo tempo fornecer forragem de qualidade para os animais (DE MORAIS et al., 2014).

2.1 Leguminosas forrageiras e os seus benefícios para a produção animal

A grande maioria das plantas forrageiras pertencem às famílias botânicas Poaceae (*Gramineae*) e Fabaceae (*Leguminosae*), mais conhecidas como gramíneas e leguminosas, respectivamente. As leguminosas são de distribuição cosmopolita e possuem cerca de 650 gêneros e 18.000 espécies. É uma das maiores famílias de Angiospermas, sendo uma das principais do ponto de vista econômico, apresentando no Brasil cerca de 175 gêneros e 1.500 espécies (REIS et al., 2013).

As leguminosas arbóreas são de extrema importância do ponto de vista forrageiro, porém, seu potencial para inclusão na alimentação de ruminantes é limitado por fatores práticos como a altura das árvores ou a necessidade de colheita manual desses materiais, enquanto espécies herbáceas e arbustivas permitem a mecanização, tornando-se uma opção mais viável quando a demanda por forragem se torna maior (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2020).

A integração de leguminosas em sistemas de cultivo tem o potencial de contribuir para um processo de transição para uma agricultura mais eficiente em recursos e reduzir o atual déficit de proteína, devido a sua capacidade de se associar com bactérias do solo para fixar N₂, melhorando o valor nutritivo das dietas dos animais, e como adubo verde em sistemas de cultivo. Essa fixação de N₂ é um dos principais benefícios que encorajam sua utilização, principalmente quando o fertilizante nitrogenado sintético não é uma opção econômica para os pequenos agricultores e por estarem ligados a mudanças climáticas e a outros riscos ambientais, como a eutrofização marinha, contaminação das águas subterrâneas e destruição do ozônio estratosférico (DUBEUX JR. et al., 2015; RECKLING et al., 2016).

Estudos têm comprovado que a inclusão de leguminosas forrageiras na alimentação animal melhora significativamente o valor nutritivo dessa dieta, reduzindo, assim, o custo com suplementação (STURLUDÓTTIR et al., 2014; BALSECA et al., 2015; BRINK et al., 2015). Também tem sido uma forte aliada para a produção de cereais. Em regiões tropicais e subtropicais, o declínio da fertilidade do solo e o aumento dos custos de insumos aumentou o

interesse por essas forrageiras, sejam elas perenes ou anuais, para assim aumentar o teor de N do solo e, conseqüentemente, a produção desses cereais (TRAILL et al., 2018).

A capacidade de fixar o N atmosférico vem da relação simbiótica entre as leguminosas e as bactérias do solo. A leguminosa fornece energia e esqueletos de carbono às bactérias por meio dos produtos da fotossíntese, e estas fornecem o N à leguminosa, principalmente na forma de amônio (ARANJUELO et al., 2014). O maior aporte de N em um ecossistema via inclusão de leguminosas se dá pela deposição e decomposição de serapilheira de alta qualidade, ou ainda raízes, e os próprios nódulos formados (DUBEUX JR. et al., 2019). Por outro lado, parte do N fixado pode ser transferido para plantas vizinhas não-fixadoras, por meio de transferência de N, movimento no qual o N de uma planta viva (doadora) vai para outra (receptor) em uma comunidade mista de plantas, predominantemente de leguminosa para não-leguminosa durante o crescimento da planta (THILAKARATHNA et al., 2016).

Antes da década de 1960, o uso de leguminosas forrageiras na maioria dos sistemas de pastagens temperadas era a principal forma de entrada de nitrogênio, além do esterco. No entanto, à medida que o fertilizante nitrogenado inorgânico se tornou mais facilmente disponível, a dependência de leguminosas diminuiu (LAIDLAW et al., 2014). Estudos confirmaram rendimentos relativamente altos de matéria seca e desempenho animal mostrando que sistemas baseados em leguminosas podem ser tão lucrativos como sistemas de que dependem moderadamente de fertilizantes (RAHMAN et al., 2014; HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2016; BONILLA et al., 2017).

O aumento da produção animal também tem dado enfoque às emissões de metano e óxido nítrico, que contribuem com aproximadamente 80% das emissões neste setor. De longe, a maior fonte individual de gases de efeito estufa (GEE) neste setor é a produção de metano entérico. A possibilidade de que a introdução de leguminosas na dieta possa reduzir essas emissões é um poderoso motivador para introduzir incentivos para a adoção de métodos de pastejo consorciados para produção de carne ou leite (BODDEY et al., 2020).

Segundo Eckard et al. (2010), ruminantes alimentados à base de gramíneas podem produzir mais CH₄ do que ruminantes alimentados com leguminosas, representando uma perda significativa de energia que poderia potencialmente ser direcionado para a produção de leite e carne. Aparentemente, essas leguminosas são promissoras para redução de CH₄ em parte devido ao seu menor teor de fibra, taxa de passagem mais rápida, e em alguns casos, à presença de taninos condensados (BHATTA et al., 2012).

A aceitabilidade das leguminosas forrageiras tropicais está frequentemente relacionada à presença de taninos condensados (TC), devido à redução do consumo ou valor nutricional dessas plantas. Os TC interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingerido em altas concentrações, podem prejudicar a saúde dos ruminantes (PEREIRA et al., 2018). Concentrações de TC acima de 4% foram consideradas prejudiciais para os ruminantes, por serem mais resistentes ao ataque microbiano e por prejudicar uma variedade de microrganismos (PATEL et al., 2013). As concentrações de TC podem ser altamente variáveis em função das espécies vegetais, frações de plantas, estágio de crescimento, condições climáticas e desfolha (SOUZA et al., 2020).

Os TC podem apresentar efeitos benéficos, dependendo da sua concentração e natureza, espécie, estado fisiológico do animal e composição da dieta. Pesquisas têm mostrado que o consumo de plantas com concentração entre 3 e 4% de TC tem mostrado efeitos positivos na digestão não afetando o consumo voluntário, podendo evitar quadros de timpanismo, quando há uma alta concentração de proteínas solúveis na dieta. Além disso, modulam positivamente a fermentação entérica. Entretanto, é importante salientar que estes benefícios não eliminam os efeitos prejudiciais dos taninos na digestão e produção animal; logo, sugere-se um uso racional na alimentação animal (BERCHIELLI et al., 2011; WANG et al., 2012; HRISTOV et al., 2013; BERCHIELLI et al., 2011; SUYBENG et al., 2019).

Dentre as diversas leguminosas forrageiras existentes, podemos destacar o estilosantes campo grande, jureminha e cunhã, que são forrageiras promissoras para melhoria da dieta nos sistemas de produção animal.

2.2 Estilosantes campo grande

No gênero *Stylosanthes* existem espécies forrageiras tropicais e em sua maioria perenes, que também apresentam tolerância à seca, adaptação à baixa fertilidade do solo, além de apresentar boa resistência a muitas pragas e doenças. No entanto, o uso comercial deste gênero ainda é limitado no Brasil, em virtude da antracnose, doença causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), a qual provoca desfolha precoce e morte de plantas suscetíveis e por serem potenciais formadores de fitobezoares, que são estruturas formadas pela agregação de fibras no trato digestivo de ruminantes, ocasionando obstruções intestinais que podem levar o animal à morte, quando a planta é consumida em excesso. Possui diversas espécies, apresentando grande variabilidade de formas e tipos, porte prostrado a ereto, podendo alcançar até 1,5m, folhas trifolioladas e flores pequenas. Algumas espécies possuem maior destaque por

sua elevada produção e valor nutritivo, além da tolerância ao alumínio (COSTA et al., 2008; GODOI et al., 2008; SILVA; CORRÊA, 2008; ALENCAR et al., 2009; MATOS et al., 2013; FALCO et al., 2016).

A cultivar campo grande (Figura 1) foi originada a partir de uma mistura varietal do *S. capitata* e *S. macrocephala* na proporção de 80 e 20%, respectivamente. Esta variedade vem se destacando por apresentar boa adaptação a solos arenosos e com baixa fertilidade, resistência à antracnose, grande produção de sementes com boa capacidade de ressemeadura natural em campo, além de boa aceitabilidade e digestibilidade, tendo teor de proteína de 150 a 240 g kg⁻¹ da matéria seca. Pode-se associar a bactérias do solo e fixar até 180 kg de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹ (MOREIRA et al. 2013). Foi desenvolvido no Brasil e tem potencial para ser adotado em regiões com pluviosidade mínima de 700 mm e máximo de 1.800 mm, alta umidade e altas temperaturas durante todo o ano, além de mostrar resultados promissores em dietas de bovinos durante as fases de crescimento e terminação, sendo considerada uma alternativa alimentar promissora para a produção de carne sem comprometer o desempenho animal (SOUZA et al., 2014).



Figura 1. *Stylosanthes* cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala*).

Essa leguminosa tem sido bastante utilizada em dietas para ovinos e caprinos. No Brasil, resultados promissores têm sido obtidos com a produção de *Stylosanthes* cv. campo grande (Figura 1) para silagem, considerando o perfil de fermentação, o consumo e o desempenho de bovinos de corte (DA SILVA et al., 2015). Silva et al. (2013) obtiveram uma produção de 1,09 t ha⁻¹ MS da cv. campo grande com aproximadamente 100 dias e altura entre 35 e 40 cm. A produtividade média dessa cultivar em sistema de monocultivo é de 8 a 14 t ha ano⁻¹ MS

(EMBRAPA 2007). O valor nutritivo dessa cultivar pode sofrer variações de acordo com as condições de manejo e ambiente de cultivo, apresentando em média 118-179 g kg⁻¹ PB; 653-710 g kg⁻¹ FDN; 345-503 g kg⁻¹ FDA; 526-647 g kg⁻¹ DIVMS (SILVA et al., 2013; PINHEIRO et al., 2014; EPIFANIO et al., 2019).

2.3 Jureminha

O gênero *Desmanthus* é composto por 24 espécies de leguminosas distribuídas em regiões tropicais e subtropicais da América (MUIR et al., 2014). Esta leguminosa é utilizada principalmente como forragem, tendo sido objeto de vários estudos, incluindo espécies nativas presentes no Semiárido nordestino, região onde os padrões irregulares de chuva influenciam a vegetação. Nesta região, as plantas de *Desmanthus* são comumente chamadas de ‘jureminha’ e alguns acessos nativos são capazes de crescer a uma temperatura de 40°C, bem como ter grande produção de sementes (QUEIROZ et al., 2021). Espécies deste gênero mostram potencial para elevar a produção animal, podendo reduzir o uso de concentrado na dieta animal, melhorando, assim, o desempenho e reduzindo custos (SONAWANE et al., 2019), podendo se tornar uma valiosa forrageira para pastejo em solos argilosos nas regiões tropicais, subtropicais e semiáridas (RANGEL; GARDINER, 2009).

As espécies de “jureminha” ocorrem no Brasil, especialmente na região Nordeste, onde há uma ocorrência predominante de *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell (Figura 2), que é membro do complexo de espécies de *Desmanthus virgatus* L. Willd. O cultivo desta planta no Nordeste do Brasil é praticamente inexistente, mas em alguns países como a Austrália, há a presença de cultivares comerciais (CALADO et al., 2016).



Figura 2. *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell (acesso 7G).

A leguminosa *Desmanthus pernambucanus* (L.) é uma espécie nativa, subarbusciva e perene, de crescimento ereto e decumbente, em sua maioria medindo de 0,5–2,5 m de altura, com flores amarelas, alto rendimento de sementes e folhas bipinadas de 4–11 cm de comprimento (COOK et al., 2005). Apresenta boa aceitabilidade por uma grande diversidade de animais, podendo ser utilizada como silagem, feno, banco de proteína, consórcio e a adubação verde (FONTENELE et al., 2009).

A jureminha pode apresentar concentrações de 156-248 g kg⁻¹ PB; 516-627 g kg⁻¹ FDN; 275-468 g kg⁻¹ FDA; 382-433 g kg⁻¹ DIVMS e produção de forragem de 370-1102 kg MS ha⁻¹ (CALADO et al., 2016; OLIVEIRA, 2019; MEDEIROS, 2021). Diniz et al. (2021) observaram concentrações de 235 e 118 g kg⁻¹ PB; 367 e 667 g kg⁻¹ FDN; 166 e 468 g kg⁻¹ FDA; 460 e 366 g kg⁻¹ DIVMS para folhas e ramos, respectivamente, da Jureminha 7G colhida aos 70 dias.

2.4 Cunhã

A origem da *Clitoria ternatea* L. (Figura 3) ainda é discutível, mas alguns estudos mencionam que essa leguminosa é originária de um arquipélago da Indonésia (JAIN et al., 2003; GUPTA et al., 2010; OGUIS et al., 2019). É uma trepadeira perene que se propaga mediante sementes. Possui um valor nutritivo com potencial para substituir a alfafa na dieta de ruminantes em regiões de clima quente (ABREU et al., 2014).



Figura 3. *Clitoria ternatea* L.

A cunhã tem sido fornecida como banco de proteínas, forragem fresca e feno, também podendo ser cultivada com outras plantas forrageiras, formando pastagens permanentes cultivadas e naturais. Além de sua boa aceitabilidade pelos animais e elevado valor nutritivo, é uma boa alternativa para produção de forragem no Nordeste do Brasil, devido à sua adaptabilidade e resistência em condições de seca, e ao seu potencial de rebrota logo após o início da estação chuvosa (ABREU et al., 2014). O alto nível de proteína na planta é usado para isolar compostos bioativos de base proteica. Possui alta concentração de ácidos graxos e antioxidantes. Além disso, são uma ótima alternativa na produção de suplementos de saúde e produtos terapêuticos em muitas partes do mundo (JAMIL et al., 2018).

A cunhã possui potencial para o manejo de corte, devido ao fato de ter boa produção de forragem (329-4900 kg MS ha⁻¹) e elevado valor nutritivo (162-245 g kg⁻¹ PB; 520-670 g kg⁻¹ FDN; 362-487 g kg⁻¹ FDA; 657 g kg⁻¹ DIVMS) (MAHALA et al., 2012; MAHFOUZ et al., 2020; LEMOS et al., 2021). Abreu et al. (2014) observaram concentrações de 320 e 311 g kg⁻¹ PB; 41 e 45g kg⁻¹ lignina nas folhas da cunhã quando colhidas aos 50 e 70 dias, respectivamente; 110 e 103 g kg⁻¹ PB; 108 e 117 g kg⁻¹ lignina nos ramos da cunhã quando colhidas aos 50 e 70 dias, respectivamente.

2.5 Consórcio entre gramíneas e leguminosas

O nitrogênio é o principal elemento mineral exigido pelas plantas para o seu crescimento e desenvolvimento, sendo também o nutriente limitado em termo de disponibilidade (MARSCHNER, 2011), em especial para aquelas que não os fixam biologicamente. Na agricultura moderna é utilizado em grandes quantidades e representa o nutriente mais caro aplicado nas lavouras. Estima-se que o uso de fertilizantes nitrogenados garante a subsistência de 40% da população global, o que não seria possível sem o seu uso (GIMENES et al., 2017).

Consórcios forrageiros constituídos por leguminosas e gramíneas são econômicos, podem ajudar a controlar plantas invasoras, melhorar a qualidade do pasto, aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo e reduzir a aplicação de fertilizantes nitrogenados e pesticidas (TAMBARA et al., 2017; OLIVO et al., 2017; DUBEUX et al. 2017). Em um estudo com consórcios formados por leguminosas, gramíneas anuais e gramíneas perenes, Olivo et al. (2009) relataram que a inclusão de leguminosas pode melhorar o valor nutritivo da forragem, podendo servir como suplementação de proteína e estimulando a ingestão voluntária na alimentação animal (BALOYI et al., 2008). A introdução dessas leguminosas tropicais em pastagens pode contribuir para o aumento da produção de biomassa e redução na aplicação de

adubação não só nitrogenada como também fosfatada, além de aumentar os teores de fósforo, cálcio e magnésio do solo (FLORES et al., 2014).

As gramíneas podem se beneficiar quanto ao seu crescimento em consórcio com leguminosas (TEMPERTON et al., 2007), devido à fixação biológica de nitrogênio (NYFELER et al., 2011). O efeito positivo do consórcio leguminosas x C₄ sobre a produção de MS da forragem não reduz a digestibilidade e nem a concentração de PB que normalmente é observada com o aumento da produção de MS (STURLUDÓTTIR et al., 2014). Por isso é tão importante utilizar espécies que sejam compatíveis, aumentando as chances de sucesso no consórcio. Silva (2021) observou que a inclusão da cunhã no sistema proporcionou maior estabilidade para acúmulo de forragem e incrementou teores de proteína bruta, com adequada proporção de proteínas consideradas digestíveis.

Entre as plantas forrageiras, o capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) é uma forrageira que se destaca na produção animal, especialmente por sua perenidade e por apresentar elevada produção de forragem. Em geral, é a principal forrageira para formação de capineiras. Por outro lado, esses sistemas podem ser melhorados com a introdução de leguminosas (OLIVO et al., 2009; DIEHL et al., 2013; SILVA, 2021). Pesquisas comprovam que esse tipo de consórcio pode reduzir os gastos com fertilizantes; aumentar a qualidade da dieta consumida pelos animais; melhorar a disponibilidade de forragem e aumentar o seu período de utilização (BARCELLOS et al., 2008; COSTA et al., 2012; DIEHL et al., 2013; TAMBARA et al., 2017). O porte da planta e os aspectos morfofisiológicos do capim-elefante podem ser decisivos neste tipo de consórcio. A competição interespecífica por recursos como luz, água e nutrientes do solo pode representar implicações severas e proporcionar o desaparecimento da leguminosa (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Segundo Andrade et al. (2015), há boa compatibilidade do consórcio quando gramíneas e leguminosas apresentam hábitos de crescimento cespitoso e volúvel, respectivamente, o que faz o consórcio do capim-elefante com a cunhã promissor.

2.6 Influência da frequência de corte no desempenho de leguminosas forrageiras

O rendimento e a qualidade de leguminosas forrageiras perenes depende de práticas culturais, como, por exemplo, a frequência de corte (JUSTES et al., 2002). De maneira geral, enquanto a matéria seca aumenta com a maturidade da planta, a digestibilidade e a qualidade da forragem produzida reduzem como consequência de a planta entrar na fase reprodutiva, devido ao aumento de tecidos estruturais e redução da PB e carboidratos de rápida absorção

(BALL et al., 2001; ERGON et al., 2017). A frequência de corte é um fator crítico que influencia a produtividade e a persistência da forragem, afetando seu rendimento, não sendo ainda muito claro quais os componentes de rendimento são mais afetados e o seu impacto na produção de forragem (VENTORINI et al., 2010; MOURA et al., 2014).

Segundo Costa et al. (2013), menores frequências de corte com alturas de corte controladas proporcionaram maiores rendimentos de MS e teores de cálcio, além de assegurarem maior vigor de rebrota e persistência das plantas. Já Hanisch et al. (2015) observaram que cortes mais frequentes proporcionaram a melhor combinação entre produção de massa seca de forragem e melhor valor nutritivo.

Diniz et al. (2021) avaliaram o acesso 7G de *Desmanthus* spp., sob intensidades de corte de 40 e 80 cm com uma frequência de corte de 70 dias na Zona da Mata Norte de Pernambuco e observaram que as intensidades de 40 e 80 cm aplicadas afetaram o valor nutricional das plantas, sugerindo cortar em 80 cm, possibilitando assim, um aumento do acúmulo de forragem.

Murillo et al. (2015) avaliaram a influência de diferentes idades de corte na qualidade da cunhã durante a estação seca em Quevedo, Equador, e observaram que a qualidade diminuiu com a maturidade da planta, em indicadores como relação folha/caule e concentrações de PB, com variações de 138,2 a 195,0 g kg⁻¹ MS. Também, Nicodemo et al. (2015) que indicam frequências de corte menores para bons rendimentos de produção do *Arachis* e Estilosantes, sem reduzir o valor nutricional. Essas pesquisas indicam que mais estudos precisam ser realizados para utilização de um manejo de corte ideal para as leguminosas, com intuito de se obter melhores produção de forragem, prezando pela qualidade e a persistência dessas forrageiras, gerando melhorias no sistema de produção.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C. *et al.* *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, pp. 169-178, 2014.

ALENCAR, K. M. C. *et al.* Tratamento térmico para superação da dormência em sementes de *stylosanthes* SW. (*fabaceae papilionoideae*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, pp.164-170, 2009.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25. 2015, Fortaleza. Dimensões tecnológicas e sociais da Zootecnia: **Anais**. Fortaleza: ABZ, 2015.

ANNICCHIARICO, P. *et al.* Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, pp. 327-380, 2015.

ARANJUELO, I.; ARRESE-IGOR, C.; MOLERO, G. Nodule performance within a changing environmental context. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 12, p. 1076-1090, 2014.

BALL, D.M., M. *et al.* Understanding forage quality. **American Farm Bureau Federation**, pp. 1-01, 2001.

BALOYI, J. J.; NGONGONI, N. T.; HAMUDIKUWANDA, H. The effect feeding forage legumes as nitrogen supplement on growth performance of sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 40, n. 6, pp. 457-462, 2008.

BALSECA, D. G. *et al.* Nutritional value of Brachiarias and forage legumes in the humid tropics of Ecuador. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v. 42, n. 1, pp. 57-63, 2015.

BARCELLOS, A. O. *et al.* Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.51-67, 2008.

BELL, L. W. *et al.* Short phases of tropical forage legumes increase production of subsequent cereal crops in the seasonally dry tropics of eastern Indonesia. **European Journal of Agronomy**, v. 132, p. 126406, 2022.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. (Ed. 2). Jaboticabal, SP: Funep, 2011. 616p.

BHATTA, R. *et al.* Effect of medicinal and aromatic plants on rumen fermentation, protozoa population and methanogenesis *in vitro*. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 3, pp. 446-456, 2012.

BODDEY, R. M. *et al.* Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, pp. 357-371, 2020.

BONILLA, D. P. *et al.* Innovative cropping systems to reduce N inputs and maintain wheat yields by inserting grain legumes and cover crops in southwestern France. **European Journal of Agronomy**, v. 82, pp. 331-341, 2017.

BRADLEY, R. S. “Legumix” *Stylosanthes* pellets: A healthier and more sustainable animal feed. **Outlook on Agriculture**, v. 48, n. 3, pp. 229-236, 2019.

BRINK, G. E.; SANDERSON, M. A.; CASLER, M. D. Grass and Legume Effects on Nutritive Value of Complex Forage Mixtures. **Crop Science**, v. 55, n. 3, pp. 1329-1337, 2015.

CALADO, T. B. *et al.* Morphology and productivity of “Jureminha” genotypes (*Desmanthus* spp.) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, pp. 742–752, 2016.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 269, pp. 114641, 2020.

COOK, B. G. ‘**Tropical Forages: an interactive selection tool**’, 2005.

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. Agronomic evaluation under grazing *Brachiaria brizantha* var. Marandu intercropped with *Pueraria phaseoloides*. **PUBVET**, v. 8, n. 20, 2014.

COSTA, N. L. *et al.* Efeito de regimes de cortes sobre a produtividade e composição química do guandu (*Cajanus cajan*) em Porto Velho, Rondônia. **PUBVET**, v. 7, n. 2, Ed. 225, Art. 1491, 2013.

COSTA, R. N. N. Produção de forragem para ovinos utilizando o consórcio de gramíneas com leguminosas sob pastejo rotacionado. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 10, n. 1, pp. 99-109, 2012.

COSTA, L. C.; SARTORI, A. L. B.; POTTI, A. Estudo taxonômico de *Stylosanthes* (leguminosae – papilionoideae – dalbergieae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, pp. 547-572. 2008.

DA SILVA, T. C. *et al.* *Stylosanthes* cv. Campo Grande silage and concentrate levels in diets for beef cattle. **Animal Production Science**, v. 58, n. 3, pp. 539-545, 2017.

DA SILVA, T. C. *et al.* *Stylosanthes* cv. Campo Grande silage with or without concentrates in sheep diets: nutritional value and ruminal fermentation. **Small Ruminant Research**, v. 126, pp. 34-39, 2015.

DE MORAIS, L. F. *et al.* Methods to break dormancy in tropical forage legume seeds. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 13, 2014.

DIEHL, M. S. *et al.* Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, pp. 1527-1536, 2013.

DINIZ, W. P. S. *et al.* Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforest Syst**, v. 95, n. 3, pp. 571-581, 2021.

DUBEUX JR, J. C. B. *et al.* Multiple ecosystem services of arboreal legumes. **The Journal of the International Legume Society**, v. 17, pp. 10-12, 2019.

DUBEUX JR, J. C. B. *et al.* As vantagens e desafios da integração das leguminosas arbóreas aos sistemas pastoris. In: **Anais da 1ª Conferência Internacional de Forragens em Climas Quentes**, Lavras, Brasil. Universidade de Lavras, pp. 141-164, 2015.

ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; DE KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production. **Livestock Science**, v. 130, n. 1-3, pp. 47-56, 2010.

ECKBERG, J. O. Alfafa forage yield, milk yield, and nutritive value under intensive cutting. **AgroSystems, Geosciences & Environment**, v. 5, n. 2, pp. e20246, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo e uso de estilosantes Campo Grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11 p. (Comunicado técnico, 105).

EPIFANIO, P. S. *et al.* Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 8, pp. 718-729, 2019.

ERGON, A. *et al.* Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Nutritional quality. **Grass and Forage Science**, v. 72, pp. 333-342, 2017.

FALCO, J. S. *et al.* Reação de genótipos de *Stylosanthes capitata* à antracnose. **Summa Phytopathologica**, v. 42, pp. 140-148, 2016.

FLORES, R. A. *et al.* Yield of andropogon gayanus pasture intercropped with two kinds of legumes, amended with p fertilizer. **Journal Biotechnology Biodivers**, v. 5, n. 1, pp. 50-62, 2014.

FONTENELE, A. C. F. *et al.* 'Tropical legumes: *Desmanthus virgatus* (L) Willd. a promising forage crop'. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, pp. 1-4, 2009.

GIMENES, F. M. A. *et al.* The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: A review. **Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 2, pp. 85-92, 2017.

GODOI, E. L.; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M. Índices de cobertura vegetal e fitomassa de *Stylosanthes guianensis* cv. mineirão e área degradada fertilizada com adubo e biossólido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.1, pp.21-26, 2008.

GONÇALVES, J. M.; PERON, H. J. M. C.; COSTA, L. C. D. Fontes alternativas de nitrogênio para intensificação da produção do capim Zuri. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 21, n. 2, pp. 107-113, 2022.

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

HANISCH, A. L. *et al.* Produção de forragem e valor nutritivo de fluva sob intervalos de corte. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 1, pp. 19-26, 2015.

HANSON, J.; ELLIS, R. H. Progress and challenges *in ex situ* conservation of forage germplasm: grasses, herbaceous legumes and fodder trees. **Plantas**, v. 9, n. 4, p. 446, 2020.

HAUGGAARD-NIELSEN, H. *et al.* Productivity and carbon footprint of perennial grass–forage legumenintercropping strategies with high or low nitrogen fertilizer input. **Science of the Total Environment**, v. 541, pp. 1339-1347, 2016.

HRISTOV, A. N. *et al.* SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 11, pp. 5045-5069, 2013.

JAIN, N. N. *et al.* *Clitoria ternatea* and the CNS. **Pharmacol Biochem Behav**, v. 75, n. 3, pp. 529-536, 2003.

JAMIL, N. *et al.* Influences of environmental conditions to phytoconstituents in *Clitoria ternatea* (butterfly pea flower) – a review. **Journal of Science and Technology**, v. 10 n. 2, pp. 208-228, 2018.

JANK, L. *et al.* Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, pp. 27-34, 2011.

JUSTES, E. P. *et al.* Influence of summer sowing dates, N fertilization and irrigation on autumn VSP accumulation and Dynamics of spring regrowth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, 53, pp. 111-121, 2002.

LAIDLAW, S. *et al.* Guest Editorial: Forage legumes in grassland systems. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 2, pp. 205-383, 2014.

LEMOS, M. F. *et al.* Grass size and butterfly pea inclusion modify the nutritional value of elephant grass silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02409, 2021.

MAHALA, A. G. *et al.* Effect of Plant age on DM yield and nutritive value of some leguminous plants (*Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus* and *Clitoria (Clitoria ternatea)*). **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 2, n. 12, pp. 502-508, 2012.

MAHFOUZ, H. *et al.* Integrated effect of planting dates and irrigation regimes on morpho-physiological response, forage yield and quality, and water use efficiency of clitoria (*Clitoria ternatea* L.) in arid region. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 66, n. 2, pp. 152-167, 2020.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic press, 2011. 649p.

MATOS, D. S. *et al.* Anatomia foliar de três espécies de *Stylosanthes* SW. e sua associação com a composição e formação potencial de fitobezoares em bovinos. **Ciência Rural**, v.43, n.11, pp. 2049-2055, 2013.

MEDEIROS, F. S. *et al.* Biomass production and chemical bromatological composition of Jureminha submitted to increasing saline levels. **Arquivos de Zootecnia**, v. 69, n. 265, pp. 54-64, 2020.

MONÇÃO, F. P. *et al.* Yield and nutritional value of BRS Capiapu grass at diferente regrowth ages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, pp. 2045-2056, 2019.

MOURA, R. L. *et al.* Características estruturais, interceptação de luz e massa de forragem em diferentes intervalos de corte do estilosantes Campo Grande. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, n.1, pp.17-24, 2014.

MOREIRA, J. F. M. *et al.* Nutrientes em cultivares de *Brachiaria brizantha* e estilosantes em cultivo solteiro e consorciado. **Arquivos de Zootecnia**, v. 62, n. 240, pp. 513-523, 2013.

MUIR, J. P. *et al.* The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 31, n. 3, pp. 187-198, 2014.

MURILLO, R. L. *et al.* Evaluación del kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y la *Clitoria ternatea* en diferentes estados de madurez. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 16, n. 10, pp. 1-9, 2015.

- NICODEMO, M. L. F. *et al.* Frequências de cortes em nove leguminosas forrageiras tropicais herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, pp. 809-818, 2015.
- NYFELER, D. *et al.* Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 140, pp. 155–163, 2011.
- OGUIS, G. K. *et al.* Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.
- OLIVO, C. J. *et al.* Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, pp. 19-26, 2017.
- OLIVO, C. J. *et al.* Valor nutritivo de pastagens consorciadas com diferentes espécies de leguminosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, pp. 1543-1552, 2009.
- PATEL, P. A. S.; ALAGUNDAGI, S. C.; SALAKINKOP, S. R. The anti-nutritional factors in forages - A review. **Current Biotica**, v. 6, n. 4, pp. 516-526, 2013.
- PEREIRA, T. P. *et al.* Characterization and biological activity of condensed tannins from tropical forage legumes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, pp. 1070-1077, 2018.
- PHELAN, P. *et al.* Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, pp. 281-326, 2015.
- PINHEIRO, A. A. *et al.* Produção e valor nutritivo da forragem, e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com estilosantes Campo Grande. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, pp. 2147-2158, 2014.
- QUEIROZ, I. V. *et al.* Biomass and chemical responses of *Desmanthus* spp. Accessions submitted to water deprivation. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, pp. 937-944, 2021.
- RAHMAN, M. M. *et al.* Tropical legume crop rotation and nitrogen fertilizer effects on agronomic and nitrogen efficiency of rice. **The Scientific World Journal**, v. 2014, pp. 1–11, 2014.
- RANGEL, J. H. A.; GARDINER, C. P. Stimulation of wool growth by *Desmanthus* spp as a supplement to a diet of Mitchell grass hay. **Tropical Grassland, Ipswich**, v. 43, n. 2, pp. 106-111, 2009.
- REBONATTI, M. D. Recuperação de pastagem com estilosantes Campo Grande e adubação fosfatada. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Universidade Estadual Paulista Campus de Dracena, 2015.
- RECKLING, M. *et al.* Trade-offs between economic and environmental impacts of introducing legumes into cropping systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 669, 2016.
- REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. (Ed. 1). Jaboticabal, SP: Funep, 2013. 125p.

ROY, A. K.; MALAVIYAL, D. R.; KAUSHAL, P. Genetic improvement of fodder legumes especially dual purpose pulses. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 76, n. 4, pp. 608-625, 2016.

SCHULTZE-KRAFT, R. *et al.* Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, pp. 1-14, 2018.

ŠIDLAUSKAITĖ, G. *et al.* Plant diversity, functional group composition and legumes effects versus fertilisation on the yield and forage quality. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1182, 2022.

SILVA, H. W. *et al.* Productivity and nutritional value at different intervals between gliricidia cuttings. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e60011125327, 2022.

SILVA, M. S. J.; JOBIM, C. C.; NASCIMENTO, W. G.; FERREIRA, G. D. G.; SILVA, M. S.; TRÊS, T. T. Estimativa de produção e valor nutritivo do feno de estilosantes cv. Campo Grande. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, pp. 1363-1380, 2013.

SILVA, L. C. R.; CORRÊA, R. S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, pp.731-740, 2008.

SONAWANE, A.S. *et al.* Effect of feeding Hedge lucerne (*Desmanthus virgatus*) on intake, growth performance and body condition score in growing Osmanabadi goats. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.89, pp.881-884, 2019.

SOUZA, R. T. A. *et al.* Association of edaphoclimatic characteristics and variability of condensed tannin content in species from Caatinga. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, e20196611, 2020.

SOUZA, W. F. *et al.* Intake, digestibility, nitrogen efficiency, and animal performance of growing and finishing beef cattle fed warm-season legume (*Stylosantes capitata* + *Stylosantes macrocephala*) silage replacing corn silage. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 9, pp. 4099-4107, 2014.

STRIKER, G. G.; COLMER, T. D. Flooding tolerance of forage legumes. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 8, pp. 1851-1872, 2016.

STURLUDÓTTIR, E. *et al.* Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 2, pp. 229-240, 2014.

SUYBENG, B. *et al.* Methane Emissions and the Use of *Desmanthus* in Beef Cattle Production in Northern Australia. **Animals**, v. 9, n. 8, pp. 542, 2019.

TAMBARA, A. A. C. *et al.* Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, pp. 235-241, 2017.

TEMPERTON, V. M. *et al.* Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. **Oecologia**, v. 151, pp. 190–205, 2007.

THILAKARATHNA, M. S. *et al.* Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume–grass forage based production systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 106, n. 2, pp. 233-247, 2016.

TRAILL, S. *et al.* Tropical forage legumes provide large nitrogen benefits to maize except when fodder is removed. **Crop and Pasture Science**, v. 69, n. 2, pp. 183-193, 2018.

VENTORINI, L. M.; VOLENEC, J. J.; CANGIANO, C. A. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. **Field Crops Research**, v. 119, pp. 252-259, 2010.

WANG, Y.; MAJAK, W.; MCALLISTER, T. A. Frothy bloat in ruminants: cause, occurrence, and mitigation strategies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, pp. 103-114, 2012.

ZAILAN, M. Z.; YAAKU, H.; JUSOH, S. Yield and nutritive value of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different harvesting ages. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 7, n. 5, pp. 213-219, 2016.

CAPÍTULO I

Como a frequência de corte pode afetar o valor nutritivo de leguminosas forrageiras tropicais com diferentes hábitos de crescimento?

RESUMO

Leguminosas forrageiras tropicais apresentam diferenças morfológicas e estruturais que podem modificar seu valor nutritivo, que, por sua vez, pode ser influenciado pelo manejo de corte adotado. Desta forma, objetivou-se avaliar o valor nutritivo do estilosantes cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa), da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e da jureminha [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung] sob diferentes frequências de corte. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Carpina, Pernambuco. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As leguminosas forrageiras tropicais foram alocadas nas parcelas principais, enquanto as frequências de corte de 60 e 90 dias formaram as subparcelas. As amostras de folhas e ramos foram colhidas nos períodos chuvosos de 2019 e 2020, para posterior análise do valor nutritivo. Maiores teores de proteína bruta (PB) ($p < 0,05$) ocorreram nas folhas da cunhã e da jureminha (233 e 219 g kg⁻¹ matéria seca (MS), respectivamente) e nos ramos da cunhã e do campo grande (75 e 74 g kg⁻¹ MS). Quanto às frequências de corte, só houve efeito ($p < 0,05$) nas concentrações de PB dos ramos com maiores concentrações quando colhidas aos 60 dias. Nas folhas do estilosantes cv. campo grande ocorreram as maiores frações proteicas B1 + B2 aos 60 e 90 dias (590 e 633 g/kg PB respectivamente), assim como nas folhas aos 60 dias e nos ramos da cunhã (551 e 467 g kg⁻¹ PB). Quanto as frequências de corte nas folhas e ramos, não houve efeito significativo ($p > 0,05$). Maiores frações indigestíveis ($p < 0,05$), tanto de carboidratos (259 g kg⁻¹ de carboidratos totais) quanto de proteínas aos 60 e 90 dias (139 e 136 g kg⁻¹ PB respectivamente) foram verificadas nas folhas da jureminha. Os maiores coeficientes de digestibilidade *in vitro* MS (DIVMS) ($p < 0,05$) ocorreram nas folhas do campo grande e cunhã (788 e 774 g kg⁻¹ MS, respectivamente) e nos ramos do campo grande (481 g kg⁻¹ MS). Só houve efeito ($p < 0,05$) da frequência de corte nos ramos com maiores coeficientes de DIVMS aos 60 dias. Houve efeito da interação espécie e frequência de corte ($p < 0,05$) nas concentrações de taninos condensados (TC) e fenóis totais (FT) nas folhas e ramos, sendo observada maior concentração na jureminha quando colhidas aos 60 e 90 dias. Ao comparar as frequências de corte, observou-se maior concentração ($p < 0,05$) na jureminha colhida aos 90 dias. Aspectos inerentes à cada espécie influenciam de forma mais consistente o valor nutritivo das leguminosas, do que a frequência de corte adotada como estratégia de manejo, podendo proporcionar uma boa flexibilidade de manejo de desfolha destas espécies. Sugere-se o uso das leguminosas campo grande e cunhã, sendo consideradas promissoras para serem incorporadas aos diferentes sistemas de produção de forragem e sugere-se cautela ao adotar a jureminha, devido às suas altas concentrações de metabólitos secundários e frações indigestíveis.

Palavras-chave: *Clitoria ternatea*, composição bromatológica, *Desmanthus pernambucanus*, digestibilidade, fracionamento de proteína, *Stylosanthes* spp.

ABSTRACT

Tropical forage legumes have morphological and structural differences that can change their nutritive value, which in turn can be modified by the adopted harvesting management. The objective of this work was to evaluate the nutritive value of stylo cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa), butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) and jureminha [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung] managed under different harvesting frequencies (60 and 90 days). The experiment was carried out at the Experimental Station of Universidade Federal Rural de Pernambuco, Carpina, in Pernambuco. Experimental design occurred under complete randomized blocks and a split-plot arrangement, with four repetitions. The tropical forage legumes were the main plots while the harvesting frequencies were the split-plots. Samples of leaves and stems were harvested in the rainy seasons of 2019 and 2020 to analyze the nutritive value. Greater CP contents ($p < 0.05$) were observed in leaves of butterfly pea and jureminha (233 and 219 g kg⁻¹ DM, respectively), as well as the stems from butterfly pea and stylo cv. campo grande (75 and 74 g kg⁻¹ DM). Concerning the harvesting frequencies, there was a significant effect ($p < 0.05$) just in the CP contents of stems, with greater content at 60 days. Leaves of stylo cv. campo grande had greater soluble protein fraction (B1 + B2) at 60 and 90 days (590 and 633 g kg⁻¹ CP, respectively), as well as the leaves and stems of butterfly pea at 60 days (551 and 467 g kg⁻¹ CP). Any effect was verified in leaves or stems' protein fractions. Greater C fraction, both of carbohydrates (181 g kg⁻¹ DM) and proteins, at 60 and 90 days (139 and 136 g kg⁻¹ CP), were verified in jureminha leaves. Greater coefficients of IVDDM were found in leaves of stylo and butterfly peas (788 and 774 g kg⁻¹ DM, respectively) and in the stems of stylo cv. campo grande (481 g kg⁻¹). Only stems were affected ($p < 0.05$) by the harvesting frequency, with greater values at 60 days. There were interaction effects on tannin contents and total phenolic compounds (TPC) of both the leaves and stems, with greater values verified in jureminha harvested at 60 and 90 days of regrowth ($p < 0.05$). Comparing the harvestings, which one made at 90 days provided greater concentrations of tannin and TPC. Aspects related to the own species influence more consistently the IVDDM than the harvesting frequency adopted as a management strategy, which allows good flexibility of defoliation for these species. Butterfly pea and stylo cv. campo grande is promisors to be included in different forage production systems. In addition, some caution is suggested in jureminha management for animal feeding, considering its high contents of secondary metabolites and indigestible fractions.

Keywords: chemical composition, *Clitoria ternatea* L., cutting management, *Desmanthus* spp., digestibility, *Stylosanthes* spp.

1 INTRODUÇÃO

A utilização em larga escala de leguminosas forrageiras na pecuária teve início nos anos de 1950, na Austrália, com a introdução do estilosantes cv. Townsville (*Stylosanthes humilis* Kunth. cv. Townsville) em milhares de hectares de pastagens (BODDEY et al., 2020). Desde então, o cultivo e uso de leguminosas tropicais como a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), a jureminha [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung] e o próprio estilosantes (*Stylosanthes* spp.) tem sido incentivado em países como o Brasil (ABREU et al., 2014; CALADO et al., 2016; OGUIS et al., 2019; EPIFANIO et al., 2019).

Os resultados de pesquisa acerca do valor nutritivo dessas leguminosas têm sido inconsistentes quando comparados àqueles de leguminosas de clima temperado (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2018). Isto porque leguminosas tropicais apresentam maior variedade de hábitos de crescimento, além de maiores diferenças morfológicas e anatômicas, considerando que as leguminosas de clima temperado são quase sempre herbáceas (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2020).

Leguminosas tropicais apresentam elevados teores de proteína bruta, tal qual as leguminosas de clima temperado; entretanto, boa parte desta proteína pode estar ligada à fibra, fato que reduz consideravelmente a digestibilidade (HEDAYETULLAH; PARVEEN, 2019). Além disso, estas leguminosas podem ter elevados teores de taninos condensados em suas composições químicas, que, apesar de modularem positivamente a fermentação ruminal, são um fator antinutricional bem conhecido (MUIR et al., 2019).

Os manejos de frequência e intensidade de colheita podem modificar características morfológicas e estruturais dessas plantas, principalmente pelas mudanças no padrão de crescimento dos ramos (CALADO et al., 2016; DINIZ et al., 2021), podendo ter influência direta na qualidade da forragem, já que períodos longos entre os cortes podem reduzir o valor nutritivo da forragem (DUARTE et al., 2017). Para algumas espécies, maior frequência de corte pode ser uma ótima estratégia de manejo para fornecer uma forragem com maior teor de nitrogênio, mantendo uma alta produção de matéria seca. No entanto, nem todas as leguminosas forrageiras estão adaptadas a uma frequência de desfolhamento mais alta (GIERUS et al., 2012). Devido a isso, estudos que avaliem o efeito de diferentes frequências de corte no valor nutritivo de leguminosas forrageiras são de grande importância para os sistemas de produção animal.

Sob a hipótese que leguminosas forrageiras tropicais com distintos hábitos de crescimento respondem de forma diferente quanto ao seu valor nutritivo conforme a frequência de corte,

objetivou-se estudar o valor nutritivo do estilosantes cv. campo grande, da cunhã e da jureminha manejadas sob diferentes frequências de corte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento, tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Carpina, Pernambuco, Brasil (07°51'03" S, 35°15'17" O, e a 180 m de altitude) e conduzido de janeiro de 2019 a dezembro de 2020. O clima da região é As' (tropical seco), segundo Köppen e Geiger (1928), com período chuvoso entre os meses de maio e agosto, precipitação média anual de 1100 mm e temperatura média anual de 24,6 °C (EECAC/UFRPE). A precipitação pluvial acumulada anual foi de 1169 mm em 2019, enquanto em 2020 o regime de chuvas foi atípico, com acúmulo de apenas 735 mm. As temperaturas médias anuais foram 26,7 e 28,9°C em 2019 e 2020, respectivamente (Figura 1).

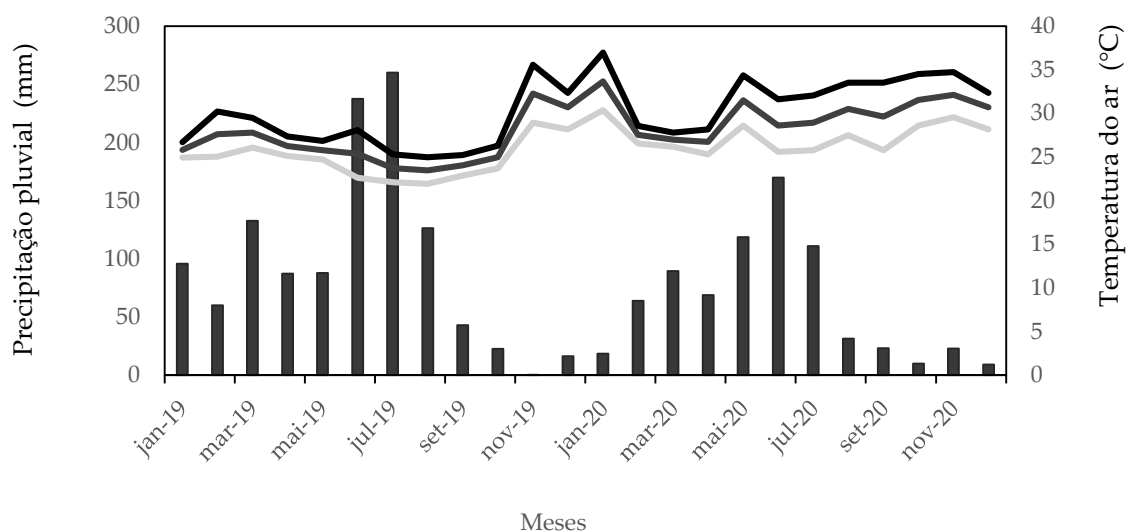


Figura 1. Precipitação pluvial acumulada e temperaturas do ar mínimas (cinza claro), médias (cinza escuro) e máximas (preto) mensais em 2019 e 2020, Carpina, Pernambuco, Brasil. Dados obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE).

O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2018), com topografia plana a suavemente ondulada. Realizou-se a amostragem do solo na camada até 20 cm de profundidade com a adubação sendo realizada de acordo com o resultado da análise de solo. O solo da área experimental apresentou as seguintes características: P (Mehlich-I) = 24 mg.dm⁻³ pH em água= 5,7; Ca⁺²= 2,70 cmolc.dm⁻³; Mg⁺²= 2,20 cmolc.dm⁻³;

$\text{Na}^+ = 0,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 0,26 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{Al}^{+3} = 0,00 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3} = 4,20 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 9,44 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; matéria orgânica = 2,33% e $V = 55,53\%$.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As leguminosas estilosas cv. campo grande (*Stylosanthes capitata* Vog. × *Stylosanthes macrocephala* M. B. Ferr. & N. S. Costa), cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e jureminha [*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung] foram alocadas nas parcelas principais, enquanto as frequências de corte de 60 e 90 dias formaram as subparcelas. Em relação à Jureminha, o acesso 7G avaliado, foi obtido no município de Santa Cruz do Capibaribe e pertencente ao banco ativo de germoplasma de *Desmanthus* da UFRPE (CALADO et al., 2016; DINIZ et al., 2021). Quanto às demais espécies, as sementes foram compradas.

2.2 Estabelecimento do experimento e coletas

As leguminosas foram propagadas por mudas confeccionadas em casa de vegetação, no Departamento de Zootecnia da UFRPE. As sementes foram escarificadas fisicamente antes do plantio, e as mudas foram transplantadas para a EECAC aos 60 dias de idade. O transplante ocorreu em março de 2019, em covas de 20 cm de profundidade e espaçamento de 0,5 m entre plantas. Desta forma, cada uma das 12 parcelas teve 9 m² e cada uma das 24 subparcelas, 4,5 m². As nove plantas centrais foram consideradas como área útil para evitar efeito de borda (T'MANNEJTE; JONES, 2000). Houve adubação de formação nas covas no momento do plantio, com doses de 40 kg ha⁻¹ tanto de K₂O, quanto de P₂O₅. A adubação de manutenção foi realizada com doses anuais de 40 kg ha⁻¹ K₂O e P₂O₅, mas nenhuma dose de N foi aplicada ao longo do experimento. A adubação ocorreu conforme recomendação de análise do solo (CAVALCANTI et al., 2008). As doses foram aplicadas nas formas de cloreto de potássio e superfosfato triplo.

O corte de uniformização ocorreu no dia 06/06/2019 e o período experimental ocorreu de junho de 2019 a junho de 2020. As leguminosas da área experimental foram cortadas nas frequências de 60 e 90 dias (subparcelas) durante todo o período experimental com intensidade de 20 cm do nível do solo para todas as espécies. Foi realizada uma coleta no período chuvoso de 2019 e uma coleta no período chuvoso de 2020 para cada frequência de corte. As coletas ocorreram nos dias 06/08/2019 (60 dias); 03/09/2019 (90 dias) e 02/06/2020 (90 dias); 23/06/2020 (60 dias).

2.3 Composição bromatológica

As análises de composição bromatológica e digestibilidade foram realizadas no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFRPE. As amostras de folhas e ramos de todas as espécies foram colhidas nos períodos chuvosos de 2019 e 2020. Estas amostras foram devidamente identificadas, fracionadas e, por fim, secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm, e novamente identificadas em relação à espécie, ao componente morfológico (folha ou ramo) e à frequência de corte (60 ou 90 dias).

Os teores de matéria seca (MS; 934,01), cinzas (942,05), proteína bruta (PB; 954,01) e lignina (973,18) foram determinados conforme AOAC (HORWITZ, 2005). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme Van Soest et al. (1991). Estimou-se a hemicelulose (HEM), pela equação: $HEM = FDN - FDA$ e da celulose (CEL) pela equação: $CEL = FDA - \text{lignina}$. Além disso, foi analisado o fracionamento de carboidratos e proteínas.

O fracionamento de carboidratos foi realizado conforme Sniffen et al. (1992), onde os carboidratos totais (CHOt) foram calculados considerando a seguinte equação:

$$CHOt = 100 - (PB + EE + \text{cinzas})$$

A fração A + B1 (carboidratos não fibrosos e compreende os carboidratos de rápida fermentação ruminal, tais como os açúcares solúveis, amido e pectina) foi obtida, através da fórmula:

$$CNF = 100 - (PB + FDN_{ncp} + EE + \text{cinzas})$$

Onde FDN_{ncp} é a concentração de fibra insolúvel em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas, obtida pela subtração dos teores de proteína (PIDN) e cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) da concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (DETMANN et al., 2012). EE é o teor de extrato etéreo (AOAC, 920,39), determinado segundo Horwitz (2005). A fração B2 (carboidratos de lenta taxa de degradação ruminal presentes na parede celular) foi obtida através da diferença entre FDN_{ncp} e fração C (SNIFFEN et al., 1992) Por outro lado, a fração C (parte fibrosa indigestível) foi obtida pela fórmula:

$$\text{Fração C} = (FDN * 0,01) * (\text{lignina} * 2,4) / CT$$

A proporção de nitrogênio não-proteico (NNP, ou fração A, foi determinada pela precipitação do nitrogênio verdadeiro em ácido tricloroacético (TCA), considerando que o nitrogênio insolúvel em TCA tem origem proteica (LICITRA et al., 1996). Assim, a proporção de NNP foi obtida pela diferença entre teores de PB e proteína verdadeira. As concentrações de

proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN - fração B3) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA – fração C) foram obtidas conforme Licitra et al. (1996).

Assim, a fração B1 + B2, composta pela proteína solúvel verdadeira (B1) e pela proteína solúvel em detergente neutro (B2), foi obtida pela fórmula:

$$\text{Fração B1+ B2} = 100 - (\text{Fração A} + \text{Fração B3} + \text{Fração C})$$

2.4 Digestibilidade *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada conforme Holden (1999), com auxílio da incubadora artificial DAISY^{II} do laboratório de Forragicultura da UFRPE. As amostras foram armazenadas em sacos de TNT (100 g/m²) e mantidas no aparelho a 39°C por 72 horas. Após 48 horas de incubação, as amostras foram submetidas à digestão química com solução de HCl 50% e pepsina. A coleta do líquido ruminal foi feita em vaca fistulada do setor de nutrição animal da UFRPE no início da manhã.

2.5 Determinação de taninos condensados

A purificação dos taninos condensados (TC) e curva-padrão foram preparados a partir do material vegetal de cada espécie, segundo Wolfe et al. (2008). Assim, em vez de um padrão universal, os valores apresentados foram baseados nas concentrações verdadeiras de TC por espécie. Proteínas precipitadas por fenóis (PPP) foram determinadas de acordo com a metodologia de Hagerman e Butler (1978) e fenóis totais (FT) foram obtidos do mesmo extrato bruto de planta e a leitura foi feita igual à análise de PPP.

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-wilk ($p \geq 0,05$) e analisados com auxílio do PROC MIXED do SAS[®] OnDemand For Academic Students (SAS INSTITUTE INC., 2014). Os efeitos de espécie de leguminosa, frequência de corte, e suas interações foram considerados fixos. Os efeitos de bloco, ano de avaliação e os erros experimentais foram considerados aleatórios. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ou Teste F, à 5% de probabilidade. Assim, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_i + \tau_k + w_{ij} + \tau w_{ijk} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} é a variável dependente; μ é a média populacional; α_i é o efeito de espécie de leguminosa (1 a 3); β_j é o efeito de frequência de corte (1 a 2); $(\alpha\beta)_{ij}$ é o efeito da interação entre espécie e frequência; τ_k é o efeito de ano de avaliação (1 a 2); w_{ijk} é o efeito aleatório dos blocos; τw_{ijk} é a interação entre ano e bloco; e e_{ijk} é o efeito dos erros experimentais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados

3.1.1 Valor nutritivo

Não houve efeito ($P > 0,05$) nas concentrações de fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose dos ramos das leguminosas quando colhida aos 60 ou 90 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Concentrações de fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis (g kg ⁻¹) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----|----------------------------|-----|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | | | | | | | | | |
| FDA | 511 | 502 | 487 | 20 | 502 | 499 | 18 | 0,5000 | 0,8455 |
| CEL | 388 | 374 | 368 | 15 | 377 | 376 | 12 | 0,6306 | 0,9965 |
| HEM | 205 | 242 | 242 | 16 | 229 | 231 | 13 | 0,1575 | 0,9427 |

¹Estilosantes cv. Campo Grande. ²Jureminha. ³Cunhã. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ($p < 0,05$). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência; FDA – fibra em detergente ácido; CEL – celulose; HEM - hemicelulose.

As concentrações de PB, FDA, lignina e DIVMS de folhas, apenas o efeito de espécie foi observado ($P < 0,05$) (Tabela 2). As maiores concentrações de DIVMS e FDA foram observadas nas leguminosas campo grande e cunhã. Quanto à lignina, a jureminha apresentou maior concentração, o que condiz com o fato dessa espécie ter apresentado menor DIVMS quando comparado ao campo grande. Nos teores de PB, a cunhã e a jureminha se destacaram com melhores resultados, e nos teores de MS a jureminha voltou a se destacar não diferindo do campo grande. Nas concentrações de MS e hemicelulose de folhas foi observado efeito de frequência de corte ($P < 0,05$) com maiores concentrações na colheita a cada 90 dias (Tabela 2).

Tabela 2. Valor nutritivo das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis (g kg ⁻¹) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----|-------------------------------|-------|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | | | | | | | | | |
| MS | 233 A | 241 A | 191 B | 43 | 210 b | 233 a | 43 | <,0001 | 0,0013 |
| PB | 178 B | 219 A | 233 A | 11 | 209 | 211 | 10 | <,0001 | 0,7731 |
| FDA | 292 A | 239 B | 270 A | 8 | 270 | 263 | 7 | <,0001 | 0,3619 |
| HEM | 225 | 234 | 231 | 33 | 218 b | 242 a | 33 | 0,8062 | 0,0321 |
| LIG | 62 B | 113 A | 60 B | 10 | 79 | 78 | 10 | <,0001 | 0,7647 |
| DIVMS | 788 A | 754 B | 774 AB | 31 | 773 | 771 | 30 | 0,0148 | 0,8622 |

¹Estilosantes cv. campo grande. ²jureminha. ³cunhã. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ($p<0,05$). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência; MS – matéria seca; PB – proteína bruta; FDA – fibra em detergente ácido; HEM – hemicelulose; LIG – lignina; DIVMS – digestibilidade *in vitro* da MS.

Foi observado efeito individual de espécie e de frequência de corte ($P<0,05$) nas concentrações de MM, PB e DIVMS de ramos das leguminosas e somente efeito de espécie ($P<0,05$) nas concentrações de FDN desses ramos (Tabela 3). O campo grande apresentou maior concentração de MM quando comparada às demais espécies e nos teores de PB continuou se destacando juntamente com a cunhã, apesar de não ter diferido da jureminha. As maiores concentrações de FDN foram observadas na jureminha quando comparada ao campo grande. Já na DIVMS, o campo grande se destacou mais uma vez, sendo a jureminha a espécie com menor digestibilidade, semelhante ao que ocorreu nas folhas.

Tabela 3. Concentrações de MM, PB, FDN e DIVMS dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis (g kg ⁻¹) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----|-------------------------------|-------|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | | | | | | | | | |
| MM | 54 A | 36 B | 36 B | 5 | 47 a | 38 b | 4 | <,0001 | 0,0002 |
| PB | 74 AB | 65 B | 75 A | 4 | 77 a | 66 b | 4 | 0,0178 | 0,0004 |
| FDN | 716 B | 745 A | 729 AB | 23 | 731 | 729 | 23 | 0,0023 | 0,7524 |
| DIVMS | 481 A | 417 C | 450 B | 35 | 462 a | 437 b | 34 | <,0001 | 0,0026 |

¹Estilosantes cv. campo grande. ²jureminha. ³cunhã. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ($p<0,05$). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência; MM – matéria mineral; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; DIVMS – digestibilidade *in vitro* da MS.

Quanto à frequência de corte, as maiores concentrações de MM, PB e DIVMS dos ramos foram observadas na frequência de corte de 60 dias (Tabela 3).

Houve efeito da interação espécie e frequência de corte ($P < 0,05$) nas concentrações de MM, FDN e celulose nas folhas das leguminosas (Tabela 4). Na MM das folhas foi observada maior concentração nas leguminosas campo grande e cunhã quando colhidas a 60 e a 90 dias. Ao comparar as frequências de corte, observou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) no teor de MM quando colhidas a 60 e 90 dias, exceto na jureminha, em que o maior teor foi observado quando colhida aos 60 dias. Quando foram colhidas aos 90 dias, não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) nos teores de FDN nas folhas de todas as espécies, e aos 60 dias, os maiores teores foram observados no campo grande e na cunhã.

Tabela 4. Composição química das folhas e dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Espécie de leguminosa | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor |
|-------------------------------------|----------------------------|--------|-----|---------|
| | 60 | 90 | | |
| MM - folhas (g kg^{-1}) | | | | |
| Campo Grande | 79 aA | 78 aA | 11 | 0.0393 |
| Jureminha | 64 aB | 55 bB | | |
| Cunhã | 76 aA | 78 aA | | |
| FDN - folhas (g kg^{-1}) | | | | |
| Campo Grande | 524 aA | 510 aA | 34 | 0.0038 |
| Jureminha | 446 bB | 500 aA | | |
| Cunhã | 494 aA | 507 aA | | |
| CEL - folhas (g kg^{-1}) | | | | |
| Campo Grande | 244 aA | 214 bA | 14 | 0.0153 |
| Jureminha | 124 aC | 142 aB | | |
| Cunhã | 205 aB | 214 aA | | |
| MS - ramos (g kg^{-1}) | | | | |
| Campo Grande | 249 bA | 275 aB | 45 | 0.0009 |
| Jureminha | 248 bA | 327 aA | | |
| Cunhã | 229 bA | 252 aB | | |
| LIG - ramos (g kg^{-1}) | | | | |
| Campo Grande | 129 aA | 118 bA | 9 | 0.0397 |
| Jureminha | 130 aA | 127 aA | | |
| Cunhã | 117 aB | 121 aA | | |

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte, e por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ($p < 0,05$). MM – matéria mineral; FDN – fibra em detergente neutro; CEL – celulose; MS – matéria seca; LIG – lignina. EPM – erro-padrão da média.

Comparando as frequências de corte, só houve efeito ($P < 0,05$) na concentração de FDN nas folhas da jureminha, com maiores teores quando colhida aos 90 dias. Para a celulose nas

folhas, foi observada maior teor na leguminosa campo grande e menor teor na jureminha aos 60 dias de colheita. Já aos 90 dias, os maiores teores foram observados no campo grande e cunhã. Comparando as frequências de corte, só houve efeito ($P < 0,05$) na concentração de celulose das folhas na leguminosa campo grande, com maiores teores quando colhida aos 60 dias (Tabela 4).

Houve efeito da interação espécie e frequência de corte ($P < 0,05$) nas concentrações de MS e lignina nos ramos das leguminosas (Tabelas 4). Nos teores de MS dos ramos, observou-se efeito entre as espécies ($P < 0,05$) somente quando colhidas aos 90 dias, com maior teor na jureminha. Já na frequência de corte, as maiores concentrações ocorreram nas plantas quando colhidas aos 90 dias, período em que não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) nos teores de lignina nos ramos de todas as espécies e, aos 60 dias, as maiores concentrações foram observadas no campo grande e na jureminha. Ao comparar as frequências de corte, observou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) nos teores de lignina nos ramos das espécies quando colhidas a 60 e 90 dias, exceto no campo grande, em que a maior concentração foi observada, quando colhida aos 60 dias (Tabela 4).

3.1.2 *Fracionamento dos carboidratos*

Foi observado efeito individual de espécie e de frequência de corte ($P < 0,05$) nas frações do carboidrato A + B1 e B2 nas folhas das leguminosas e somente efeito de espécie ($P < 0,05$) na fração do carboidrato C dessas folhas (Tabela 5). A jureminha se destacou com maiores concentrações das frações A + B1 e C. Já na fração B2, a jureminha teve os menores teores, enquanto o campo grande e a cunhã os maiores teores. Comparando as frequências de corte, as maiores concentrações da fração A + B1 nas folhas foram observadas aos 60 dias de colheita e a fração B2 aos 90 dias (Tabela 5).

Tabela 5. Fracionamento de carboidratos das folhas e dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Frações ⁴ (g kg ⁻¹ CT) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|---|-----------------------|----------------|----------------|-----|----------------------------|-------|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | | | | | | | | | |
| Folhas | | | | | | | | | |
| A + B1 | 375 B | 456 A | 373 B | 51 | 419 a | 384 b | 51 | <.0001 | 0.0053 |
| B2 | 487 A | 285 B | 464 A | 15 | 396 b | 427 a | 14 | <.0001 | 0.0233 |
| C | 138 C | 259 A | 163 B | 39 | 185 | 189 | 38 | <.0001 | 0.5786 |
| Ramos | | | | | | | | | |
| A + B1 | 196 | 185 | 196 | 32 | 182 b | 202 a | 32 | 0.1758 | 0.0010 |
| B2 | 524 B | 523 B | 538 A | 3 | 528 | 529 | 3 | 0.0068 | 0.7396 |
| C | 280 AB | 292 A | 266 B | 32 | 290 a | 269 b | 32 | 0.0027 | 0.0006 |

¹Estilosantes cv. campo grande. ²jureminha. ³cunhã. ⁴Resultados com base nos carboidratos totais (CT). Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F (p<0,05). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência.

Foi observado efeito individual de espécie e de frequência de corte (P<0,05) na fração C nos ramos das leguminosas, somente efeito de espécie (P<0,05) na fração B2 e somente efeito de frequência de corte (P<0,05) na fração A + B1 desses ramos (Tabela 5). A maior concentração da fração C foi observada nos ramos da jureminha quando comparada à cunhã. Na fração B2, a maior concentração foi observada nos ramos da cunhã. Quanto às frequências de corte, as maiores concentrações da fração A + B1 foram observadas nos ramos das leguminosas, quando colhidas aos 90 dias, e na fração C, quando os ramos foram colhidos com 60 dias.

3.1.3 Fracionamento de proteínas

Houve efeito individual de espécie e de frequência de corte (P<0,05) na fração proteica A, nas folhas das leguminosas e somente efeito de espécie (P<0,05) na fração proteica B3 desse componente da planta (Tabela 6). A forragem da espécie jureminha se destacou com maiores concentrações das frações A e B3 e a espécie campo grande obteve as menores concentrações na fração B3. Quanto às frequências de corte, as maiores concentrações da fração A foram observadas aos 90 dias de colheita (Tabela 6).

Tabela 6. Frações proteicas A e B3 das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Frações (g kg ⁻¹ PB) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----|----------------------------|-----|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | A | 73 B | 167 A | | 75 B | 9 | | 95 b | 115 a |
| B3 | 252 C | 378 A | 319 B | 31 | 315 | 318 | 30 | <.0001 | 0.8540 |

¹Estilosantes cv. campo grande. ²jureminha. ³cunhã. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F (p<0,05). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência.

Houve interação (P<0,05) sobre as frações proteicas B1 + B2 e C nas folhas das leguminosas (Tabela 7). Aos 60 dias de colheita foi observada maiores concentrações da fração B1 + B2 nas espécies campo grande e cunhã, e aos 90 dias maiores concentrações novamente na espécie campo grande e menores na jureminha. Já nas frequências de corte não foi observado efeito (P>0,05) para cada espécie na fração B1 + B2. Observando a fração proteica C, a jureminha se destacou das demais espécies com maiores concentrações, quando colhida aos 60 e aos 90 dias. Quanto ao efeito da frequência de corte na fração proteica C, só houve diferença significativa (P<0,05) para o campo grande com maiores concentrações quando colhida aos 60 dias (Tabela 7).

Tabela 7. Frações proteicas B1 + B2 e C das folhas de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Leguminosa | Fração B1 + B2 (g kg ⁻¹ PB) | | EPM | P-valor |
|--------------|--|--------|-----|---------|
| | Frequências de corte (dias) | | | |
| | 60 | 90 | | |
| Campo Grande | 590 aA | 633 aA | 38 | 0.0475 |
| Jureminha | 349 aB | 299 aC | | |
| Cunhã | 551 aA | 524 aB | | |
| Leguminosa | Fração C (g kg ⁻¹ PB) | | EPM | P-valor |
| | Frequências de corte (dias) | | | |
| | 60 | 90 | | |
| Campo Grande | 81 aB | 40 bB | 8 | 0.0349 |
| Jureminha | 139 aA | 136 aA | | |
| Cunhã | 66 aB | 57 aB | | |

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte, e por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F (p<0,05). EPM – erro-padrão da média.

Houve efeito individual de espécie e de frequência de corte (P<0,05) na fração proteica C nos ramos das leguminosas e somente efeito de espécie (P<0,05) nas frações proteicas A, B1 + B2 e B3 desses ramos (Tabela 8). Na fração A foi observado maiores concentrações para a

cunhã quando comparado à jureminha. Para fração B1 + B2, a cunhã se destacou com maiores concentrações. Para fração B3, os maiores resultados foram observados nas espécies campo grande e jureminha. Para fração C, a jureminha obteve as maiores concentrações. Comparando as frequências de corte dessa fração, as maiores concentrações foram observadas quando colhidas aos 90 dias (Tabela 8).

Tabela 8. Fracionamento de proteínas dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil.

| Frações (g kg ⁻¹ PB) | Espécie de leguminosa | | | EPM | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----|-------------------------------|-------|-----|---------|--------|
| | CG ¹ | J ² | C ³ | | 60 | 90 | | E | F |
| | | | | | | | | | |
| B1 + B2 | 381 B | 378 B | 467 A | 37 | 405 | 413 | 36 | 0.0026 | 0.7382 |
| B3 | 254 A | 241 A | 170 B | 11 | 226 | 218 | 9 | <.0001 | 0.5703 |
| C | 113 B | 179 A | 96 B | 7 | 113 b | 145 a | 6 | <.0001 | 0.0003 |

¹Estilosantes cv. campo grande. ²jureminha. ³cunhã. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha para efeito de espécie de leguminosa e por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F (p<0,05). EPM – erro-padrão da média; P-valor (E) – espécie; P-valor (F) – frequência.

3.1.4 Metabólitos secundários

Houve efeito da interação espécie e frequência de corte (P<0,05) nas concentrações de taninos condensados (TC) e fenóis totais (FT) nas folhas e ramos das leguminosas (Tabela 9). Foi observada maior concentração de TC e FT nas folhas e ramos da jureminha quando colhida a 60 e a 90 dias. Ao comparar as frequências de corte, observou-se que não houve diferença (P>0,05) nas concentrações de TC e FT nas folhas e ramos das leguminosas campo grande e cunhã quando colhidas a 60 e 90 dias. Quanto à jureminha, as maiores concentrações foram observadas tanto para as folhas como para os ramos, quando colhida aos 90 dias (Tabela 9).

Tabela 9. Concentração de taninos condensados e fenóis totais das folhas e dos ramos de leguminosas forrageiras tropicais manejadas sob duas frequências de corte. Carpina, Pernambuco, Brasil

| Espécie de leguminosa | Frequência de corte (dias) | | EPM | P-valor |
|---|----------------------------|--------|-----|---------|
| | 60 | 90 | | |
| Taninos condensados - folhas (mg TC g ⁻¹ planta) | | | | |
| Campo Grande | 34 aB | 17 aB | 20 | 0.0003 |
| Jureminha | 230 bA | 376 aA | | |
| Cunhã | 18 aB | 18 aB | | |
| Taninos condensados - ramos (mg TC g ⁻¹ planta) | | | | |
| Campo Grande | 8 aB | 6 aB | 29 | 0.0244 |
| Jureminha | 179 bA | 274 aA | | |
| Cunhã | 17 aB | 14 aB | | |
| Fenóis totais - folhas (mg FT g ⁻¹ planta) | | | | |
| Campo Grande | 57 aB | 39 aB | 28 | 0.0019 |
| Jureminha | 315 bA | 490 aA | | |
| Cunhã | 25 aB | 27 aB | | |
| Fenóis totais - ramos (mg FT g ⁻¹ planta) | | | | |
| Campo Grande | 12 aB | 11 aB | 28 | 0.0415 |
| Jureminha | 215 bA | 306 aA | | |
| Cunhã | 18 aB | 21 aB | | |

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de frequência de corte, e por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ($p < 0,05$). TC = taninos condensados; FT = fenóis totais; EPM – erro-padrão da média.

3.2 Discussão

A frequência de corte de 90 dias (Tabela 2 e 4) e os ramos da jureminha aos 90 dias (Tabela 4) caracterizaram-se por maiores teores de MS, sendo um indicativo do desenvolvimento da planta. Conforme a planta se desenvolve, os tecidos estruturais que se caracterizam pela baixa concentração de N e digestibilidade aumentam mais rapidamente quando comparado aos tecidos metabólicos que têm uma alta concentração dessas variáveis, levando a uma diminuição da qualidade nutricional dessa planta (LEMAIRE; BELANGER, 2020). A jureminha apresentou menores concentrações de FDN, FDA e celulose nas folhas quando comparada às outras leguminosas (Tabelas 2 e 4). Diniz et al. (2021) encontraram concentrações ainda menores do acesso 7G da jureminha colhidas com 40 e 80 cm de altura do resíduo (367,1 g kg⁻¹ de FDN e 166,1 g kg⁻¹ de FDA) com intervalo de corte de 70 dias. Vale ressaltar que no presente estudo a intensidade de corte foi de 20 cm, o que pode explicar as maiores concentrações. As concentrações de FDN, FDA e celulose tendem a aumentar com o avanço da idade de colheita (SALAMA; NAWAR, 2016); no entanto, só houve efeito entre as frequências de corte nas concentrações de FDN das folhas da jureminha, que foi maior aos 90 dias, o que corrobora com Salama e Nawar (2016), e nas concentrações de celulose das folhas

da campo grande, que foi menor aos 90 dias, o que provavelmente está relacionado a uma coleta de folhas mais jovens, indicando uma boa flexibilidade de manejo dessa leguminosa, já que com uma frequência de corte menor não deixou de produzir novas folhas.

As maiores concentrações de PB nas folhas da jureminha (Tabela 2) podem estar relacionadas ao fato de essa planta ser nativa. As leguminosas nativas têm grande conteúdo de proteína bruta; no entanto, parte é frequentemente ligada a frações fibrosas, resultando em baixa digestibilidade (SILVA et al., 2017). Somente o fracionamento dessas proteínas pode definir o real valor proteico dessas leguminosas (LICITRA et al., 1996; HENRIQUES et al., 2007), o que corrobora o resultado do fracionamento de proteínas, em que a jureminha apresentou menores concentrações de proteínas solúveis (fração B1 + B2) (Tabela 7) e maiores concentrações da fração B3 (Tabela 6) e fração C (Tabela 7). A fração B3 está associada a FDN e por isso é lentamente degradada no rúmen (SNIFFEN et al., 1992). Essa proteína que está ligada à parede celular também inclui o nitrogênio indigestível encontrado no resíduo do detergente ácido (LICITRA et al., 1996). A fração C representa a parte da proteína ligada à lignina e, por isso, é classificada como indigestível pelos microrganismos ruminais (LICITRA et al., 1996), o que corrobora as maiores concentrações de lignina e menor DIVMS nas folhas da jureminha (Tabela 2). O acúmulo de proteínas desta natureza é relativamente comum em leguminosas tropicais ou adaptadas à climas semiáridos, mas reduz consideravelmente a digestibilidade da forragem (MUIR et al., 2019).

As menores concentrações de PB nos ramos da jureminha (Tabela 3) já era esperado devido ao fato de seus ramos serem mais lenhosos quando comparado às demais espécies e também corrobora as menores concentrações da fração A + B1 e DIVMS (Tabelas 8 e 3) e maiores concentrações das frações B3 e C e lignina (Tabelas 8 e 4) nos ramos da jureminha. As maiores concentrações de lignina nos ramos da jureminha e do campo grande (Tabela 4) possivelmente estão relacionadas às características morfológicas e ao porte da planta. Leguminosas do gênero *Desmanthus* spp. são semi arbustivas e têm ramos mais grossos e, de fato, lignificados (AZANI, 2017; CALADO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2020). O campo grande, quando comparado à cunhã, possui ramos mais grossos, facilitando sua sustentação, já que a cunhã possui o hábito de crescimento volúvel e acaba se sustentando ao que está mais próximo ou enrolando os próprios ramos quando está crescendo, o que provavelmente explica as maiores concentrações de lignina no campo grande.

As menores concentrações de PB nos ramos aos 90 dias (Tabela 3), possivelmente estão relacionadas ao fato de a planta ser mais velha e ocorrer um espessamento da parede celular

(PC) primária e o aparecimento da PC secundária em alguns tecidos. Engels e Jung (1998) estudaram a anatomia do caule da alfafa e observaram que o parênquima medular, mesmo sendo um tecido de parede fina, sofreu um pequeno espessamento de parede após o alongamento dos ramos; colênquima, epiderme e floema primário depositaram paredes primárias grossas no final do caule alongado; floema primário e xilema secundário, ambos passaram por extensos processos de espessamento da parede celular secundária e tornaram-se fracamente e altamente lignificados, respectivamente, com a maturidade da planta. As maiores concentrações de lignina nos ramos do campo grande aos 60 dias (Tabela 4) podem estar relacionadas a maiores proporções de ramos primários comparados aos ramos secundários, que são mais jovens, nas plantas. Isto possivelmente levou a maiores concentrações de lignina, devido à parede celular tornar-se mais espessa com o decorrer do crescimento e, conseqüentemente, com o avanço da maturidade, já que a lignificação inicia na lamela média e parede celular primária, prosseguindo na parede celular secundária após fim da expansão celular (WILSON; MERTENS, 1995). As maiores concentrações da fração proteica C nas folhas do campo grande aos 60 dias, possivelmente estão relacionadas à coleta dessa espécie, com maiores proporções de folhas expandidas, mais maduras, com tecidos onde já houve desenvolvimento da parede celular secundária e onde se concentra uma maior quantidade de lignina (WILSON; MERTENS, 1995).

A jureminha se destacou com maiores concentrações da fração A (amônia, peptídeos, aminoácidos – nitrogênio não proteico (NNP)) nas folhas e o campo grande e a cunhã nos ramos (Tabelas 6 e 8). Essa fração possui alta taxa de degradação ruminal, sendo rapidamente convertido em amônia (SNIFFEN et al., 1992). Segundo Russell et al. (1992), fontes de NNP são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais, fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de nitrogênio. Maiores concentrações dessa fração foram observadas nas folhas aos 90 dias. Krawutschke et al. (2013) também relataram o aumento do NNP com o avanço da maturidade, tendo sido relacionado ao período de crescimento da planta, onde, durante este período, os metabólitos se acumulam somente após a fase vegetativa, resultando em um aumento de produtos como carboidratos ou proteínas de reserva.

A menor DIVMS das folhas e ramos da jureminha deveu-se principalmente ao seu hábito de crescimento, porte e características morfológicas já destacados anteriormente (AZANI, 2017). Castro-Montoya e Dickhoefer (2020) realizaram uma revisão sistemática sobre o valor nutritivo de leguminosas forrageiras e destacaram que leguminosas arbustivas tiveram menores coeficientes de digestibilidade ($455,0 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparadas às leguminosas herbáceas

(658,0 g kg⁻¹). Os menores coeficientes de digestibilidade dos ramos, quando as leguminosas foram colhidas aos 90 dias, decorreram do maior acúmulo de compostos indigestíveis devido ao maior tempo de rebrota das plantas. A idade da planta é um fator importante que afeta a DIVMS. O acúmulo de carboidratos estruturais e lignina na parede celular e aumento de tecidos de sustentação reduz bastante a digestibilidade, mas é importante para a sustentação física de plantas com idade mais avançada (WILSON; MERTENS, 1995; VALENTE et al., 2016).

As maiores concentrações de carboidratos indigestíveis na jureminha (Tabela 5) corroboram com os resultados da concentração de lignina, DIVMS e frações proteicas indigestíveis (Tabelas 6, 7 e 8). Também é reflexo de sua caracterização morfológica e por ser semi arbustiva com ramos mais lenhosos. A jureminha apresentou maiores concentrações da fração A + B1 nas folhas (Tabela 5). Uma possível explicação para esses resultados seriam altas concentrações de amido nessas folhas, já que plantas forrageiras podem conter quantidades significativas de amido insolúvel (SNIFFEN et al., 1992; HALL, 2003). As maiores concentrações da fração C e menores concentrações da fração A + B1 dos carboidratos nos ramos aos 60 dias, provavelmente estão relacionados à coleta, com maiores proporções de ramos mais jovens. As maiores concentrações da fração B2 nas folhas aos 90 dias podem estar relacionadas à idade da planta, já que, aos 90 dias, a planta está com maior avanço da maturidade e possivelmente com maior altura, o que proporciona o incremento da parede celular nos tecidos de sustentação, diminuindo, assim, a degradação ruminal, como já foi mencionado anteriormente.

A jureminha apresentou concentrações de TC e FT bem superiores as demais leguminosas (Tabela 9). O que pode ter correlação com as concentrações de LIG dessa espécie, já que a LIG também é um composto fenólico antinutricional. A jureminha possui características morfológicas e porte bem diferente das demais espécies avaliadas. Leguminosas do gênero *Desmanthus* spp. são semi arbustivas e com estruturas mais lignificadas (AZANI, 2017; CALADO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2020). Oliveira et al. (2022) pontuaram que algumas leguminosas nativas arbóreas e arbustivas são caracterizadas por grande persistência, selecionadas por caprinos, alta concentração de proteína, embora uma parte considerável possa estar ligada à fibra e alta concentração TC, o que pode impactar negativamente na digestibilidade. Guerreiro et al. (2015) citam as vantagens das plantas arbustivas por fornecerem energia e nutrientes durante os períodos de escassez de pastagens; no entanto, possuem altas concentrações de metabólitos secundários, que devido à sua reconhecida bioatividade podem ser benéficos para a saúde animal, ou podem limitar a sua utilização como ração.

Quanto às maiores concentrações de TC e FT da jureminha quando colhida aos 90 dias (Tabela 9), possivelmente está relacionado à idade da planta. Wan et al. (2017) pontuam duas teorias: a primeira é de que as concentrações de metabólitos secundários aumentam com a idade da planta, argumentando que a proteína e a maioria das sínteses fenólicas competem pelo precursor comum fenilalanina. Quando a limitação de nitrogênio aumenta, o crescimento deve ser mais restrito do que a síntese fenólica, ou seja, a planta para de crescer, mas continua a produzir compostos fenólicos; a segunda é de que a planta diminui a produção de compostos fenólicos com o avanço da idade porque ela não sofre o efeito de herbivoria. Só que essa teoria cai por terra devido ao fato de as plantas serem expostas a um grande conjunto de riscos: herbivoria por insetos e fatores abióticos, como radiação solar, temperatura e seca.

O maior coeficiente de digestibilidade das leguminosas cunhã e campo grande é um fato que teoricamente favorece para maior produção de H_2 e produção de CH_4 (HAMMOND et al., 2011). No entanto, a alta DIVMS e as altas concentrações de PB, permitem maior ingestão de matéria seca, melhoram a fermentação anaeróbica de matéria orgânica e induz um menor tempo de retenção da digesta no retículo-rúmen, o que contribui para baixos rendimentos de CH_4 (BERCHIELLI et al., 2011; KU-VERA et al., 2020).

De maneira geral, as frequências de corte (60 e 90 dias) não modificaram de forma consistente o valor nutritivo das folhas das leguminosas estudadas. Os resultados observados indicam uma boa flexibilidade de manejo de desfolha destas espécies, com pouca alteração no valor nutritivo. Por outro lado, a jureminha apresentou valor nutritivo inferior às demais, considerando a composição bromatológica (Tabelas 1, 2, 3 e 4), digestibilidade (Tabelas 2 e 3) e os perfis de carboidratos (Tabelas 5) e proteínas (Tabelas 6, 7 e 8). No entanto, vale ressaltar que esta leguminosa é nativa da região de clima Semiárido do Nordeste do Brasil e, portanto, apresenta características de adaptação que podem ser interessantes conforme local e uso. É provável que o manejo de corte ou de desfolha desta planta tenha que ser diferente daquele usado em leguminosas herbáceas.

4 CONCLUSÕES

Aspectos inerentes a cada espécie influenciam de forma mais consistente o valor nutritivo das leguminosas forrageiras tropicais, do que a frequência de corte adotada como estratégia de manejo, podendo proporcionar uma boa flexibilidade de manejo de desfolha destas espécies.

Com base nos resultados obtidos acerca do valor nutritivo, sugere-se o uso das leguminosas campo grande e cunhã, sendo consideradas promissoras para serem incorporadas

aos diferentes sistemas de produção de forragem e sugere-se cautela ao adotar a jureminha, devido às suas altas concentrações de metabólitos secundários e frações indigestíveis.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C. *et al.* *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, pp. 169-178, 2014.

AZANI, N. *et al.* A new subfamily classification of the *Leguminosae* based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**, v. 66, pp. 44-77, 2017.

BODDEY, R. M. *et al.* Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v. 75, pp. 357-371, 2020.

CALADO, T. B. *et al.* Morphology and productivity of "Jureminha" genotypes (*Desmanthus* spp.) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, pp. 742-752, 2016.

CASTRO-MONTOYA, J. M; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, e114641, 2020.

CASTRO-MONTOYA, J. M; DICKHOEFER, U. Effects of tropical legume silages on intake, digestibility and performance in large and small ruminants: a review. **Grass and Forage Science**, v. 73, pp. 26-39, 2018.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DINIZ, W. P. S. *et al.* Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforest Syst**, v. 95, n. 3, pp. 571-581, 2021.

DUARTE, J. A. V. *et al.* Height and productivity of *Urochloa brizantha* in different seasons and cutoff frequencies. **Investigación Agraria**, v. 19, pp. 44-48, 2017.

ENGELS, F.M.; JUNG, H.G. Alfalfa Stem Tissues: Cell-wall Development and Lignification. **Annals of Botany**, v. 82, pp. 161-168, 1998.

EPIFANIO, O. S. *et al.* Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop and Pasture Science**, v. 70, pp. 718-729, 2019.

GIERUS, M. F. Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, pp. 150-161, 2012.

GUERREIRO, O. *et al.* Potential of *Cistus ladanifer* L. (rockrose) in small ruminant diets – effect of season and plant age on chemical composition, *in vitro* digestibility and antioxidant activity. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 3, pp. 437-447, 2015.

HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, pp. 809-812, 1978.

HALL, M. B Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, pp. 3226-3232, 2003.

HAMMOND, K. J. Effects of feeding fresh white clover (*Trifolium repens*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on enteric methane emissions from sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, pp. 398-404, 2011.

HEDAYETULLAH, M.; ZAMAN, P. (Eds.) **Forage Crops of the World, Volume II: Minor Forage Crops**. CRC press: Boca Raton, FL, EUA, 2018; 420p.

HENRIQUES, L. T. *et al.* Frações dos compostos nitrogenados associados à parede celular em forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, pp. 258-263, 2007.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, pp. 1791-1794, 1999.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. Official Methods: 930.15 (dry matter), 954.01 (crude protein).

KÖPPEN W.; GEIGER R. '**Klimate der Erde**'; Verlag Justus Perthes: Gotha, Turíngia, Alemanha, 1928.

KRAWUTSCHKE, M. *et al.* Changes in crude protein fractions of forage legumes during the spring growth and summer regrowth period. **Journal of Agricultural Science**, v. 151, pp. 72-90, 2013.

KU-VERA, J.C. Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 584, 2020.

LEMAIRE, G.; BELANGER G. Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: a review. **Agriculture**, v. 10, p. 5, 2020.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, pp. 347-358, 1996.

MEDEIROS, F. S. *et al.* Biomass production and chemical bromatological composition of Jureminha submitted to increasing saline levels. **Arquivos de Zootecnia**, v. 69, n. 265, pp. 54-64, 2020.

MOHAMMED, S. A. A. Effect of weed control on growth and seed production of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) under Rainfed Conditions at Zalingei Western Darfur State-Sudan. **ARNP Journal of Science and Technology**, v. 3, pp. 523-8, 2013.

MUIR, J. P. *et al.* The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 31, n. 3, pp. 187-198, 2014.

OGUIS, G. K. *et al.* Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.

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.

RUSSELL, J. B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, pp. 3551-3561, 1992.

SALAMA, H. S. A.; Nawar, AI Studying the nutritive profile of guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] harvested at different ages and its potential as a summer forage legume in Egypt. **Egyptian Journal of Agronomy**, v. 38, pp. 559-568, 2016.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa. 2018, 355p.

SAS Institute Inc. SAS® OnDemand for Academics: **User's Guide**. Cary. 2014.

SILVA, M. J. S. *et al.* Influence of the period of year on the chemical composition and digestibility of pasture and fodder selected by goats in caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, pp. 402-416, 2017.

SILVA, M. S. J.; JOBIM, C. C.; NASCIMENTO, W. G.; FERREIRA, G. D. G.; SILVA, M. S.; TRÊS, T. T. Estimativa de produção e valor nutritivo do feno de estilosantes cv. Campo Grande. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, pp. 1363-1380, 2013.

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, pp. 3562-3577, 1992.

VALENTE, T. N. P. *et al.* Anatomical differences among forage with respect to nutrient availability for ruminants in the tropics: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, pp. 1585-1592, 2016.

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, pp. 3583-3597, 1991.

WILSON, J. R.; MERTENS, D. R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v. 35, pp. 251-259, 1995.

WOLFE, R. M.; TERRILL, T. H.; MUIR, J. P. Drying method and origin of standard affect condensed tannin (CT) concentrations in perennial herbaceous legumes using simplified butanol-HCl CT analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, pp. 1060-1067, 2008.

CAPÍTULO II

Produtividade e valor nutritivo da *Clitoria ternatea* L. consorciada a genótipos de capim-elefante de diferentes portes

RESUMO

As leguminosas, em sua grande maioria, possuem alto valor nutritivo. Essa característica torna sua utilização vantajosa na forma de consórcio, ou como complemento de gramíneas, quando a forragem não atende às necessidades do rebanho. Objetivou-se avaliar a produtividade e o valor nutritivo da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) consorciada a genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes portes (dois genótipos de capim-elefante de porte alto, elefante B e IRI-381, e dois genótipos anões, Mott e Taiwan A-146 2.37). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da UFRPE, Carpina, Pernambuco, Brasil. As coletas foram feitas somente da cunhã e ocorreram no período chuvoso de 2019 e 2020 com frequência de corte adotada de 60 dias. Não houve efeito ($P>0,05$) nas produções de matéria seca, folhas, e caule, na relação folha/caule, concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), fracionamento de carboidratos, taninos condensados (TC) e fenóis totais (FT) da cunhã manejada em consórcio com diferentes genótipos de capim-elefante. Quanto à produção de vagens, a cunhã apresentou maior produção ($P<0,05$) no consórcio com o Taiwan quando comparado ao consórcio com o IRI, o que condiz com a maior relação folha/vagem no consórcio com o IRI quando comparado ao consórcio com Taiwan. Com relação à proteína bruta, a cunhã apresentou maiores concentrações ($P<0,05$) quando manejada com os capins de porte alto, elefante B e IRI (187 e 174 g kg⁻¹ MS, respectivamente). O consórcio com o Mott apresentou as maiores concentrações ($P<0,05$) de fibra em detergente ácido (FDA) e celulose (CEL) quando comparado aos demais consórcios. Na digestibilidade (DIVMS), a cunhã se destacou ($P<0,05$) nos consórcios com Elefante B, IRI e Taiwan (607, 608 e 584 g kg⁻¹ MS, respectivamente). Na fração A, as maiores concentrações ($P<0,05$) foram observadas nos consórcios com Elefante B, IRI e Taiwan. Já na fração B1+B2, os consórcios que se destacaram ($P<0,05$) foram Elefante B, Mott e Taiwan. Aspectos inerentes a cada genótipo de capim-elefante não influencia a produção de forragem, concentração de compostos antinutricionais nem o perfil de carboidratos da cunhã, o que faz com que a cunhã seja indicada ao consórcio com qualquer um dos genótipos de capim-elefante estudados. Apesar dos genótipos não terem influenciado a cunhã na grande maioria das variáveis estudadas, os efeitos foram observados em variáveis decisivas para qualidade da forragem, o que faz com que a cunhã consorciada aos genótipos IRI-381 e Elefante B sejam os mais indicados para melhorar a qualidade da dieta dos animais.

Palavras-chave: *Cenchrus purpureus*, consórcio, cunhã, Digestibilidade, fração proteica.

ABSTRACT

The vast majority of legumes have high nutritional value. This characteristic makes its use advantageous in the form of intercropping, or as a complement to grasses when the forage does not meet the needs of the herd. The objective of this work was to evaluate both nutritive value and herbage accumulation of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) intercropped with elephant grass genotypes (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) with different sizes (Two tall genotypes, Elephant B and IRI-381, besides two dwarf varieties Mott and Taiwan A-146 2.37). The experiment occurred under complete randomized blocks with four treatments and repetitions in a two-year trial (2019 and 2020), under 60-day harvesting frequency. The experiment was carried out at the Experimental Station of UFRPE, Carpina, in Pernambuco. Butterfly pea samples were collected in the rainy seasons of 2019 and 2020, under harvesting frequency of 60 days. There was no effect ($p < 0.05$) of intercropping with elephant grass genotypes on the butterfly pea herbage accumulation, and contents of DM, ashes, EE, NDF, hemicellulose, lignin, carbohydrates fractionation, and phenolic compounds. Regarding the pod production, the butterfly pea had a greater yield ($p < 0.05$) when intercropped with the dwarf Taiwan A-146 2.37 compared to the IRI-381, which corroborated results of leaf/pod ratio that were greater specifically in the consortium with IRI-381. Greater contents of PB were verified when the legume was managed jointly with the tall clones Elephant B and IRI-381 (187 and 174 g kg⁻¹, respectively). The legume intercropped with dwarf Mott stood out with greatest contents of ADF and cellulose, while greater coefficients of IVDDM occurred in the consortiums with Elephant B, IRI-381 and Taiwan A-146 2.37 (607, 608 and 584 g kg⁻¹, respectively). In fraction A of protein, higher contents were observed in consortiums with Elephant B, IRI-381 and Taiwan A-146 2.37). Conversely, the intercrops with Elephant B, Mott and Taiwan stood out regarding the B1+B2 fraction in butterfly pea. Aspects related to each genotype do not affect the forage production, neither the contents of anti-nutritional compounds and carbohydrate profile of butterfly pea. Although the genotypes did not affect the butterfly pea in most of the studied variables, the significant effects occurred in essential characteristics of forage quality, which indicates that the butterfly pea consortiums with IRI-381 and Elephant B genotypes are better indicated to improve the diet quality for animals.

Keywords: butterfly pea, *Cenchrus purpureus*, digestibility, intercropping, protein fraction.

1 INTRODUÇÃO

Uma parte significativa dos alimentos utilizados para alimentação de ruminantes são pobres em proteína bruta e, portanto, os agricultores devem ser aconselhados a melhorar a forragem produzida por espécies forrageiras, por meio da introdução de práticas alimentares com o intuito de melhorar os teores de proteína dos alimentos e, assim, impulsionar o desempenho do rebanho (CHUFA et al., 2022). Pesquisas têm comprovado que o teor de proteína das forrageiras aumenta com a adoção de adubação nitrogenada, favorecendo sua produtividade e valor nutritivo (CUNHA et al., 2022; HUGHES et al., 2022a; HUGHES et al., 2022b). No entanto, o aumento do custo de fertilizantes nitrogenados tem limitado seu uso, tornando difícil manter o nitrogênio adequado, para ajustar o crescimento das plantas e sustentar a produção (BRAZ et al., 2013).

Segundo Hohmann et al. (2021), o consórcio de leguminosas com gramíneas são uma alternativa ao uso do fertilizante nitrogenado, devido à ciclagem de nitrogênio (N). Jaramillo et al. (2021) relataram que a inclusão de leguminosas em pastagens de gramíneas contribui para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis, com níveis reduzidos de insumos, minimizando os gastos com fertilizantes nitrogenados.

As leguminosas em sua grande maioria possuem alto valor nutritivo, principalmente em termos de concentração de proteína bruta e digestibilidade. Essa característica torna sua utilização vantajosa na forma de consórcio, ou como complemento de gramíneas quando a forragem não atende às necessidades do rebanho (LÜSCHER et al. 2014; KRAFT et al., 2018). Os consórcios podem aumentar a produção de forragem além de prolongar a utilização dessa forragem, já que ajudam a reduzir a escassez de forragem e manter sua composição química em níveis que melhorem a produção pecuária (TAMBARA et al., 2017). Além disso, auxiliam no controle de espécies invasoras e apresentam maior exportação de proteína bruta e nitrogênio, quando comparado ao monocultivo (OLIVO et al., 2017; SEIBT et al., 2021). Além de ser uma prática adequada para melhorar a produção e a qualidade da MS da forragem, os produtores podem usar a terra de forma mais eficiente (ABERA et al., 2022) e aumentar a ingestão voluntária do rebanho (BALOYI et al., 2008; OLIVO et al., 2009).

Dentre as espécies de leguminosas, destaca-se a *Clitoria ternatea* L. Popularmente conhecida como cunhã, é considerada uma planta tropical perene, com elevado valor nutritivo e produtividade satisfatória para uma planta herbácea, além de alta aceitabilidade por animais ruminantes, o que a torna uma planta com potencial para o manejo de desfolha (GOMEZ; KALAMANI, 2003; OGUIS et al., 2019). Adapta-se bem às condições de seca, muitas vezes

devido à profundidade de suas raízes e queda das folhas, sendo cultivada principalmente como banco de proteína, fornecida no cocho, na forma de feno ou silagem e consorciada com gramíneas ou adubação verde (GOMEZ; KALAMANI, 2003; OGUIS et al., 2019; HEDAYETULLAH; ZAMAN, 2019; LEMOS et al., 2021). Segundo Traill et al. (2018), estima-se que a leguminosa cunhã (*Clitoria ternatea* L.) tem o potencial de fixar aproximadamente 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹.

Muitos estudos sobre os benefícios do consórcio para produtividade e valor nutritivo das gramíneas já foram realizados. No entanto, mais pesquisas ainda são necessárias sobre a influência das gramíneas sobre as leguminosas. Wei et al. (2022) relataram que os benefícios do cultivo de leguminosas e gramíneas juntas refletem uma maior produtividade e maior absorção de uma variedade de nutrientes essenciais, sendo observadas elevadas concentrações de fósforo, potássio e enxofre na leguminosa, ao crescer com gramíneas. As leguminosas obtêm benefícios nutricionais do cultivo com gramíneas e a coexistência desses grupos funcionais proporciona uma biogeoquímica do solo mais eficiente.

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) é considerado uma das forrageiras com mais importância na pecuária brasileira, apresentando ampla variabilidade de genótipos com diferentes portes (SILVA et al., 2021). É considerado uma das espécies com maior eficiência fotossintética em relação a outras gramíneas forrageiras e com grande capacidade produtiva e acúmulo de matéria seca de boa qualidade nutricional (PEREIRA et al., 2021). Devido ao fato de apresentar diferentes portes, pesquisas são necessárias devido à competição interespecífica por recursos como luz, água e nutrientes do solo, podendo ser um fator decisivo para o sucesso do consórcio (ROSSIELO; ANTUNES, 2012; SCHULTZE-KRAFT et al., 2018).

Diante do exposto anteriormente, estudos que avaliem o efeito do consórcio na produção e no valor nutritivo das leguminosas forrageiras é de grande importância para os sistemas de produção animal. Sob a hipótese que a *C. ternatea* L. responde de forma diferente a genótipos de *Cenchrus purpureus* Schum. quando em consórcio, objetivou-se avaliar a produção de forragem e o valor nutritivo desta leguminosa consorciada a genótipos de capim-elefante com diferentes portes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento e condições climáticas

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Carpina é um município do estado do Pernambuco, Brasil, localizado a 07°51'03" S, 35°15'17" O e com 180m de altitude. O clima da região é As' ou tropical seco (KÖPPEN; GEIGER, 1928), com período chuvoso de maio e agosto. As precipitações pluviométricas acumuladas em 2019 e 2020 foram 1169 e 735mm, respectivamente, enquanto a média histórica anual é 1100 mm. As temperaturas do ar médias anuais foram 26,5°C e 28,8°C, respectivamente, para 2019 e 2020, e a média histórica é 24,6 °C (APAC, 2020). Os dados climáticos e o balanço hídrico do solo com base na evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE; MATHER, 1955; CAMARGO; CAMARGO, 2000), durante os anos de avaliação, encontram-se na Figura 1. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2018).

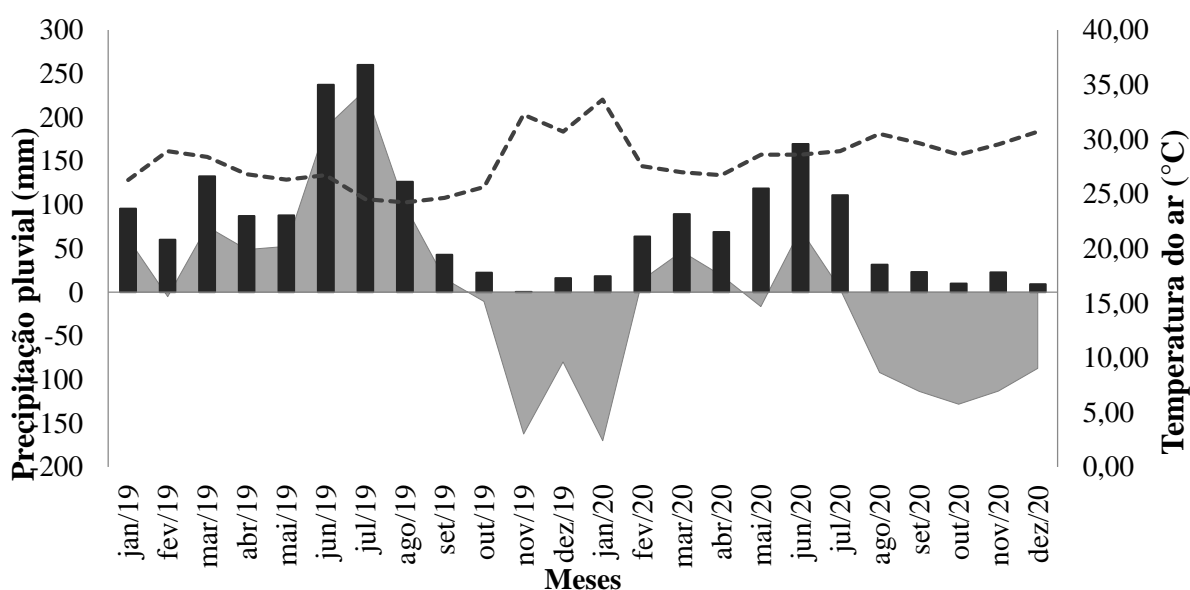


Figura 1. Precipitação mensal, temperatura média mensal e balanço hídrico do solo (CAMARGO; CAMARGO 2000) da área experimental em 2019 e 2020. Dados de precipitação e temperatura obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2020).

2.2 Implantação, tratamentos e delineamento experimental

Dois genótipos de capim-elefante de porte alto (Elefante B e IRI-381) e dois genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) foram estabelecidos e consorciados com a cunhã,

em 16 parcelas de 25 m² (5 × 5 m), com área útil de 9 m² (3 × 3 m), divididas em quatro blocos. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro tratamentos (cunhã consorciada com Elefante B, cunhã consorciada com IRI-381, cunhã consorciada com Mott, cunhã consorciada com Taiwan) e quatro repetições. O período experimental ocorreu de 20 de março de 2019 a 21 de julho de 2020.

O capim-elefante foi cultivado na área em 2014, após aração e gradagem, e plantado em sulco, numa profundidade de 15 cm e espaçamento de 1,0 m entre sulcos. A área foi utilizada na condução de estudos destes quatro genótipos, de 2014 até o final de 2017. Os consórcios foram estabelecidos em agosto de 2018. As mudas de cunhã foram produzidas na casa de vegetação do Departamento de Zootecnia da UFRPE. As sementes foram escarificadas fisicamente antes do plantio, e as mudas foram transplantadas para a EECAC aos 60 dias de idade e plantadas nas entrelinhas do capim-elefante, com espaçamento entre plantas de 0,5 m e em covas com profundidade de 15 cm. Houve adubação de formação nas covas no momento do plantio.

A frequência de corte utilizada foi de 60 dias, sendo realizados os cortes durante todo o período experimental mesmo quando não eram feitas as coletas. As coletas foram feitas no período chuvoso do primeiro ano (23/05/2019) e outra no período chuvoso do segundo ano (21/07/2020). A intensidade de corte da cunhã foi de 20 cm do nível do solo e a do capim-elefante foi rente ao solo. Adubações de manutenção foram realizadas apenas nos períodos chuvosos, com base nas recomendações de Cavalcanti et al. (2008), em função dos resultados da análise química do solo: 0,05; 0,06; 1,60; 0,80; 0,00 e 2,40 cmol_c dm⁻³ para K, Na, Ca, Mg, Al⁺³ e H+Al, respectivamente, além de 5 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1) e pH (H₂O) de 5,5. As doses aplicadas de K₂O e P₂O₅ foram 60 e 70 kg ha⁻¹, respectivamente por corte no período chuvoso, que foram três em 2019 e dois em 2020. As doses foram aplicadas nas formas de cloreto de potássio (600 g kg⁻¹ de K₂O) e superfosfato triplo (460 g kg⁻¹ de P₂O₅).

2.3 Massa de forragem

A produção de forragem da cunhã foi estimada nos cortes, na qual foi realizada coleta somente da cunhã, para o valor nutritivo dos anos 2019 e 2020. A forragem da área útil (9 m²) foi colhida na intensidade de corte adotada (20 cm do nível do solo), fracionada em folha, ramo e vagem, e pesada para estimar a produção de cada componente morfológico, com base no teor de MS. Mediante as produções de cada componente foram determinados a relação folha/caule e a relação folha/vagem.

2.4 Composição bromatológica

As análises de composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram realizadas no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFRPE. Após a coleta, as amostras de forragem foram imediatamente identificadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 55°C até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinhos de faca (tipo Willey), com malha de 1 mm, e novamente identificadas para realização das análises.

Os teores de matéria seca (MS; 934,01), cinzas (942.05), proteína bruta (PB; 954.01) e lignina (973.18) foram determinados conforme AOAC (HORWITZ, 2005). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme Van Soest et al. (1991). Estimaram-se os teores de hemicelulose (HEM), por meio da equação: $HEM = FDN - FDA$ e de celulose (CEL) pela equação: $CEL = FDA - \text{lignina}$. Além disso, foi analisado o fracionamento de carboidratos e proteínas.

O fracionamento de carboidratos foi realizado conforme Sniffen et al. (1992), onde a onde os carboidratos totais (CHOt) foram calculados considerando a seguinte equação:

$$CHOt = 100 - (PB + EE + \text{cinzas})$$

A fração A + B1 (carboidratos não fibrosos e compreende os carboidratos de rápida fermentação ruminal, tais como os açúcares solúveis, amido e pectina) foi obtida, através da fórmula:

$$CNF = 100 - (PB + FDN_{cp} + EE + \text{cinzas})$$

Onde FDN_{cp} é a concentração de fibra insolúvel em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas, obtida pela subtração dos teores de proteína (PIDN) e cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) da concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (DETMANN et al., 2012). EE é o teor de extrato etéreo (AOAC, 920.39), determinado segundo Horwitz (2005). A fração B2 (carboidratos de lenta taxa de degradação ruminal presentes na parede celular) foi obtida através da diferença entre FDN_{cp} e fração C (SNIFFEN et al., 1992) Por outro lado, a fração C (parte fibrosa indigestível) foi obtida pela fórmula:

$$\text{Fração C} = (FDN * 0,01) * (\text{lignina} * 2,4) / CT$$

A proporção de nitrogênio não-proteico (NNP, ou fração A, foi determinada pela precipitação do nitrogênio verdadeiro em ácido tricloroacético (TCA), considerando que o nitrogênio insolúvel em TCA tem origem proteica (LICITRA et al., 1996; DETMANN et al., 2012). Assim, a proporção de NNP foi obtida pela diferença entre teores de PB e proteína

verdadeira. As concentrações de PIDN (fração B3) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA – fração C) foram obtidas conforme Licitra et al. (1996).

Assim, a fração B1 + B2, composta pela proteína solúvel verdadeira (B1) e pela proteína solúvel em detergente neutro (B2) foi obtida pela fórmula:

$$\text{Fração B1+ B2} = 100 - (\text{Fração A} + \text{Fração B3} + \text{Fração C})$$

2.5 Digestibilidade *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada conforme Holden (1999), com auxílio da incubadora artificial DAISYII do laboratório de Forragicultura da UFRPE. As amostras foram armazenadas em sacos de TNT (100 g/m²) e mantidas no aparelho a 39°C por 72 horas. Após 48 horas de incubação, as amostras foram submetidas à digestão química com solução de HCl 50% e pepsina. A coleta do líquido ruminal foi feita em vaca fistulada do setor de nutrição animal da UFRPE no início da manhã.

2.6 Determinação de taninos condensados

A purificação dos taninos condensados (TC) e curva-padrão foram preparados a partir do material vegetal de cada espécie, segundo Wolfe et al. (2008). Assim, em vez de um padrão universal, os valores apresentados foram baseados nas concentrações verdadeiras de TC por espécie. Proteínas precipitadas por fenóis (PPP) foram determinadas de acordo com a metodologia de Hagerman e Butler (1978). Fenóis totais (FT) foram obtidos do mesmo extrato bruto de planta e a leitura foi feita igual à análise de PPP.

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a teste de normalidade dos resíduos (resíduos × quantis) e analisados com auxílio do PROC MIXED do SAS[®] OnDemand for Academics (SAS, 2014). O efeito do consórcio com genótipo de capim-elefante foi considerado fixo. Os efeitos de ano de avaliação, bloco e suas interações, além dos erros experimentais, foram considerados aleatórios. Quando o teste F foi significativo ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pela probabilidade de diferença (“pdiff”) ajustada para Teste de Tukey ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados

3.1.1 Produtividade

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos consórcios na produção de forragem, produção de folhas e produção de caules da cunhã. Já na produção de vagens, maior produção ($P<0,05$) foi observada no consórcio da cunhã com o Taiwan A-146 2.37 quando comparado ao consórcio com o IRI-381 (Tabela 1).

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos consórcios sobre a relação folha/caule da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante (Figura 2A). Já na relação folha/vagem, maior relação ($P<0,05$) foi observada no consórcio da cunhã com o IRI-381 quando comparado ao consórcio com o Taiwan A-146 2.37 (Figura 2B).

Tabela 1. Produção de forragem da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil

| Consórcios | Produção de forragem | Produção de folhas | Produção de caules | Produção de vagens |
|---------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | |
| Efelefante B + cunhã | 993 | 422 | 308 | 262 AB |
| IRI-381 + cunhã | 909 | 411 | 272 | 226 B |
| Mott + cunhã | 1169 | 470 | 375 | 323 AB |
| Taiwan A-146 2.37 + cunhã | 1266 | 484 | 382 | 405 A |
| EPM | 113 | 53 | 40 | 43 |
| P-valor | 0,1278 | 0,7028 | 0,1702 | 0,0138 |

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). EPM – erro-padrão da média.

3.1.2 Valor nutritivo

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) nas concentrações de MS, MM, EE, FDN, HEM e lignina da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante (Tabela 2). Quanto à PB, a cunhã apresentou maiores concentrações ($P<0,05$) quando consorciada com os capins de porte alto, Elefante B e IRI-381, embora o IRI-381 não tenha diferido do Taiwan A-146 2.37. O consórcio com o Mott se destacou, com as maiores concentrações ($P<0,05$) de FDA e CEL quando comparado aos demais tratamentos. Na DIVMS a cunhã se destacou ($P<0,05$) nos consórcios com Elefante B, IRI-381 e Taiwan A-146 2.37 (Tabela 2).

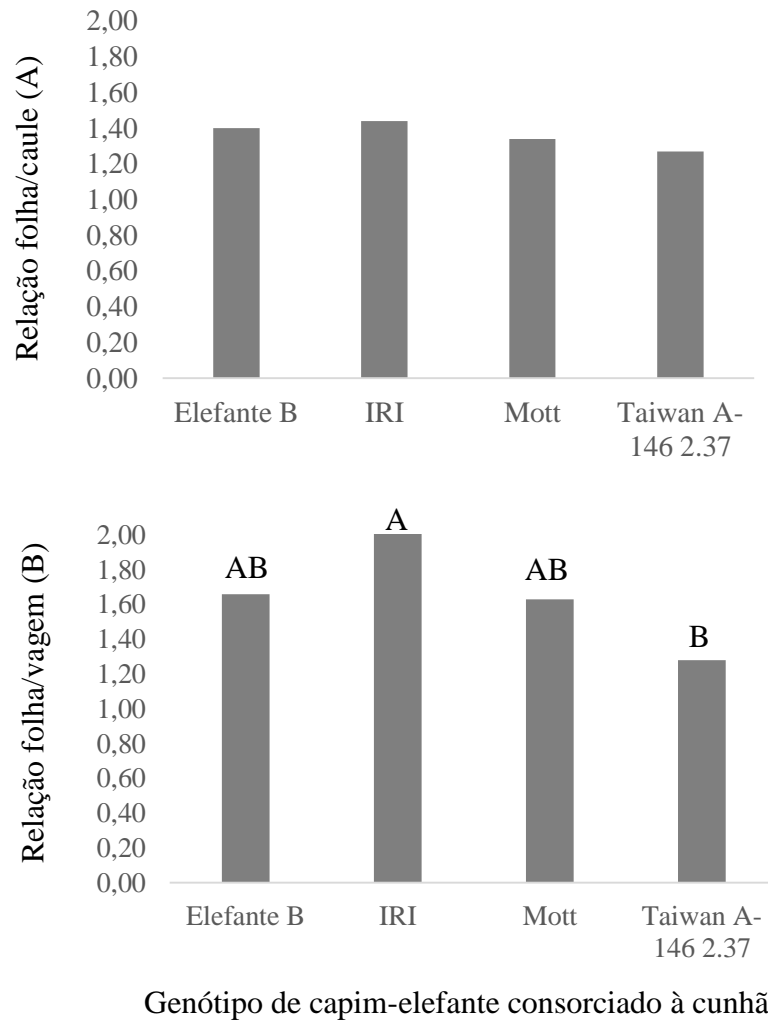


Figura 2. Relação folha/caule (A) e relação folha/vagem (B) da cunhã cultivada em consorcio com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$). EPM – erro-padrão da média = 1; P-valor = 0.4071.

Tabela 2. Valor nutritivo da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis (g kg ⁻¹) | Consórcios | | | | EPM | P-valor |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----|---------|
| | Elefante B + cunhã | IRI-381 + cunhã | Mott + cunhã | Taiwan A-146 2.37 + cunhã | | |
| MS | 302 | 307 | 338 | 321 | 21 | 0,2338 |
| MM | 57 | 58 | 51 | 56 | 3 | 0,3318 |
| PB | 187 a | 174 ab | 154 c | 158 bc | 5 | 0,0001 |
| EE | 24 | 20 | 22 | 23 | 4 | 0,3084 |
| FDN | 419 | 414 | 436 | 431 | 18 | 0,2022 |
| FDA | 302 b | 284 b | 326 a | 284 b | 6 | <,0001 |
| CEL | 241 b | 225 b | 262 a | 223 b | 9 | <,0001 |
| HEM | 117 | 130 | 126 | 140 | 17 | 0,1447 |
| LIG | 61 | 59 | 64 | 61 | 8 | 0,7179 |
| DIVMS | 607 a | 608 a | 542 b | 584 ab | 19 | 0,0086 |

Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MS - matéria seca; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; CEL - celulose; HEM - hemicelulose; LIG - lignina; CT - carboidratos totais; DIVMS - digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EPM - erro-padrão da média.

3.1.3 Fracionamento dos carboidratos

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) no fracionamento dos carboidratos da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante (Tabela 3).

Tabela 3. Fracionamento dos carboidratos da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis ¹ (g kg ⁻¹ CT) | Consórcios | | | | EPM | P-valor |
|---|-----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----|---------|
| | Elefante B + cunhã | IRI-381 + cunhã | Mott + cunhã | Taiwan A-146 2.37+ cunhã | | |
| A + B1 | 480 | 504 | 483 | 486 | 16 | 0,1108 |
| B2 | 405 | 390 | 403 | 404 | 8 | 0,2739 |
| C | 115 | 106 | 114 | 110 | 15 | 0,6830 |

¹Resultados com base nos teores de carboidratos totais (CT). Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). EPM - erro-padrão da média.

3.1.4 Fracionamento de proteínas

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) nas frações proteicas B3 e C, enquanto houve efeito significativo ($P<0,05$) nas frações A e B1+B2, da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante (Tabela 4). Na fração A, maiores concentrações foram observadas no consórcio com o IRI-381 quando comparado ao consórcio com o Taiwan A-146 2.37. Já na fração B1+B2, os consórcios que se destacaram foram com Elefante B e Taiwan A-146 2.37 quando comparados ao consórcio com IRI-381 (Tabela 4).

Tabela 4. Fracionamento das proteínas da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil

| Variáveis (g kg PB ⁻¹) | Consórcios | | | | EPM | P-valor |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----|---------|
| | Elefante B + cunhã | IRI-381 + cunhã | Mott + cunhã | Taiwan A-146 2.37 + cunhã | | |
| A | 153 ab | 196 a | 189 ab | 137 b | 46 | 0,0242 |
| B1 + B2 | 596 a | 516 b | 544 ab | 597 a | 87 | 0,0134 |
| B3 | 186 | 213 | 192 | 201 | 44 | 0,3530 |
| C | 65 | 75 | 75 | 65 | 5 | 0,3239 |

Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). EPM - erro-padrão da média.

3.1.5 Metabolitos secundários

Não houve efeito significativo nas concentrações de taninos condensados (TC) e fenóis totais (FT) da cunhã manejada em consórcio com diferentes genótipos de capim-elefante (Tabela 5).

Tabela 5. Concentração de taninos condensados e fenóis totais da cunhã consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante, Carpina, Pernambuco, Brasil

| Consórcios | Taninos condensados (mg TC g ⁻¹ planta) | Fenóis totais (mg FTg ⁻¹ planta) |
|------------------------------|---|--|
| Elefante B + cunhã | 4 | 9 |
| IRI-381 + cunhã | 5 | 9 |
| Mott + cunhã | 5 | 9 |
| Taiwan A-146 2.37 + cunhã | 6 | 9 |
| EPM | 1 | 1 |
| P-valor | 0,1699 | 0,8589 |

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). TC - taninos condensados; FT - fenóis totais; EPM - erro-padrão da média.

3.2 Discussão

O fato de a maioria dos resultados não ter diferido no seguinte estudo, sugere uma plasticidade fenotípica da leguminosa em relação aos fatores ecológicos promovidos pelos sistemas de cultivo, o que pode estar relacionado ao seu hábito de crescimento. A cunhã possui ramos finos, o que poderia dificultar sua sustentação. No entanto, ela possui um hábito de crescimento volúvel e acaba enrolando os próprios ramos quando está crescendo ou se sustentando ao que está mais próximo, além de ser capaz de competir eficientemente por luz com a gramínea tropical, pois consegue subir ao topo do dossel dessa gramínea em busca de luz (HEDAYETULLAH; ZAMAN, 2019), crescendo juntamente com o tipo de porte de cada genótipo e assim não prejudicando a sua produção e valor nutritivo. A competição por luminosidade possivelmente promoveu alterações fenotípicas na morfologia e na fisiologia da cunhã nos diferentes consórcios (LISTA et al., 2019), o que provavelmente equilibrou as concentrações das variáveis estudadas.

A relação folha/vagem da cunhã foi maior no consórcio com o IRI-381 quando comparado ao consórcio com o Taiwan A-146 2.37 (Figura 2), o que corrobora com a produção de vagens que foi maior no consórcio com o Taiwan A-146 2.37 quando comparado ao consórcio com o IRI-381 (Tabela 1). A maior proporção de vagens da cunhã consorciada ao Taiwan A-146 2.37 é um indicativo do desenvolvimento reprodutivo dessa planta, mostrando que apesar da cunhã ter se adaptado bem aos diferentes genótipos, pode ter sofrido uma maior exposição solar, acelerando o seu desenvolvimento fenológico e, assim, aumentando a produção de vagens, quando comparado ao consórcio com IRI-381, devido às diferenças de portes dos dois genótipos. Turnos (2021) avaliou o impacto de diferentes intensidades de luz no crescimento e produtividade de sementes de plantas *Clitoria ternatea* L. e observou que a capacidade das plantas de produzir flores e vagens foi significativamente afetada pela intensidade da luz, em que a exposição em maior intensidade de luz resultou em mais flores, vagens e sementes. A redução da proporção folhas pode comprometer o valor nutritivo da planta e assim prejudicar a qualidade da ração, já que a folha é a parte da planta com maior riqueza de nutrientes e de maior preferência pelos animais.

As maiores concentrações de PB da cunhã consorciada com os genótipos Elefante B e IRI-381 (Tabela 2), possivelmente está relacionado ao fato de que o porte alto pode ter causado maior sombreamento na cunhã. Souza et al. (2017) avaliaram diferentes níveis de sombreamento para melhorias no consórcio de *Cenchrus ciliaris* L. com a *C. ternatea* L. e observaram que o sombreamento promove aumento do comprimento foliar, da concentração de

PB e eleva a sobrevivência da cunhã. Ali et al. (2013) avaliaram a cunhã consorciada a *Brachiaria decumbens* Stapf. e observaram concentrações de PB inferiores ao presente estudo (127 g kg^{-1} PB). A menor concentração de PB e DIVMS da cunhã consorciada ao genótipo de porte baixo Mott pode estar diretamente relacionado a maior concentração de FDA e CEL nesse mesmo tratamento (Tabela 2). O sombreamento causado pelos capins de porte alto provavelmente aumentou os teores de proteína bruta da cunhã, devido à redução do desenvolvimento da planta. Consequentemente, a maior exposição ao sol da cunhã nos consórcios com os capins de porte baixo pode ter favorecido o seu desenvolvimento e assim o aumento de conteúdo da parede celular e consequentemente das concentrações de FDA e CEL. Segundo Wu et al. (2017), a baixa radiação solar influencia muitos aspectos do desenvolvimento das plantas, incluindo caules finos e com menor diâmetro e espessura e aumento da altura da planta e do seu centro de gravidade, contribuindo para o acamamento e resultando na redução dos componentes da parede celular. No caso da cunhã, não ocorreu acamamento devido ao fato dela acompanhar o crescimento do capim, sustentando-se ao colmo.

A fração proteica A foi maior na cunhã consorciada com o IRI-381 quando comparada ao Taiwan A-146 2.37, enquanto na fração B1 + B2 ocorreu o oposto (Tabela 4). A fração A (nitrogênio não-proteico) possui fundamental importância para os animais ruminantes pois os microrganismos presentes no rúmen, utilizam amônia como fonte de nitrogênio (RUSSELL *et al.*, 1992). Já a fração B1 + B2 representa as proteínas solúveis, que tendem a aumentar a digestibilidade da proteína. Apesar das diferenças encontradas no fracionamento das proteínas, elevadas concentrações de proteínas solúveis foram observadas em todos os consórcios (Tabela 4) e o fato das proteínas de lenta degradação e proteínas indigestíveis não terem diferido nos tratamentos, sugere bons perfis proteicos dos tratamentos estudados (LICITRA *et al.*, 1996).

As concentrações de TC e FT não terem diferido entre os tratamentos (Tabela 5) demonstra mais uma vez que a cunhã se adaptou bem aos diferentes genótipos e portes. Concentrações de TC acima de 4% foram considerados prejudiciais para os ruminantes, por serem mais resistentes ao ataque microbiano e por prejudicar uma variedade de microrganismos (PATEL *et al.*, 2013). Concentrações de TC em quantidades adequadas mostram um potencial para reduzir a emissão de gás metano (CH_4) em até 20% e possuem considerável potencial para reduzir o número de nematóides intestinais. Estes compostos têm alta afinidade pela proteína e formam complexos que apesar de geralmente reduzirem valor nutritivo e consumo de forragem, evitam quadros de timpanismo quando há uma alta concentração de proteínas solúveis na dieta (WANG *et al.*, 2012). Ferrer *et al.* (2017) avaliaram a concentração de TC da *Clitoria ternatea*

L. colhida aos 63 dias nos períodos seco e chuvoso e suas concentrações no período seco corroboram com as concentrações do presente estudo, já no período chuvoso, as concentrações foram bem mais elevadas ($7,65 \text{ g kg}^{-1} \text{ TC}$ - seco e $15 \text{ g kg}^{-1} \text{ TC}$ – chuvoso).

O consórcio da cunhã com os diferentes genótipos de capim-elefante não influenciou os aspectos produtivos, nem de boa parte dos aspectos nutricionais da cunhã, sugerindo uma plasticidade fenotípica da leguminosa em relação aos fatores ecológicos promovidos pelos sistemas de cultivo estabelecidos. Por outro lado, a possível competição por luminosidade nos consórcios com genótipos de capim-elefante de porte alto, influenciou alguns aspectos de extrema importância para avaliação da qualidade da forragem, como a proporção de vagens na forragem colhida, e as concentrações de PB, DIVMS FDA e CEL.

4 CONCLUSÕES

Aspectos inerentes a cada genótipo de capim-elefante não influencia na produção de forragem, concentração de compostos antinutricionais nem no perfil de carboidratos da cunhã, o que faz com que essa leguminosa seja indicada ao consórcio com qualquer um dos genótipos de capim-elefante estudados.

Apesar dos genótipos não terem influenciado a cunhã na grande maioria das variáveis estudadas, os efeitos foram observados em variáveis decisivas para qualidade da forragem, o que faz com que a cunhã consorciada aos genótipos IRI-381 e Elefante B sejam os mais indicados para melhorar a qualidade da dieta dos animais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, M. *et al.* Herbage accumulation and nutritive value of mixtures of desho grass and *Vicia* spp. in southern Ethiopia. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 1, pp. 165-172, 2022.

ABREU, M. L. C. *et al.* *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, pp. 169-178, 2014.

ARAÚJO FILHO, J. A. *et al.* Consorciação do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e da Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob quatro intervalos de corte. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)**, 1996.

BALOYI, J. J.; NGONGONI, N. T.; HAMUDIKUWANDA, H. The effect feeding forage legumes as nitrogen supplement on growth performance of sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 40, n. 6, pp. 457-462, 2008.

BRAZ, S. P. *et al.* Soil carbon stocks under productive and degraded pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, pp. 914-928, 2013.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, pp. 125-137, 2000.

CHUFA, A.; TADELE, Y.; HIDOSA, D. Assessment on Livestock Feed Resources and Utilization Practices in Derashe Special District, Southern-Western Ethiopia: Status, Challenges and Opportunities. **Journal of Veterinary Medicine and Animal Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1110, 2022.

CUNHA, A. M. Q. *et al.* Nitrogen fertilisation as a strategy for intensifying production and improving the quality of Massai grass grown in a humid tropical climate. **Journal of Plant Nutrition**, pp. 1-15, 2022.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

FERRER, L. G. *et al.* Concentration of phenolic compounds in tropical forage fabaceae at different regrowth time. **Agrociencia**, v. 50, n. 4, pp. 429-440, 2016.

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics—an overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 2, n. 6, pp. 374-379, 2003.

HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, pp. 809-812, 1978.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, pp. 3226-3232, 2003.

HEDAYETULLAH, Md; ZAMAN, P (Ed.). **Forage Crops of the World, Volume I: Major Forage Crops**. Oakville, ON: Apple Academic Press, 2019. 377p.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, pp. 1791-1794, 1999.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. Official Methods: 930.15 (dry matter), 954.01 (crude protein).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

HUGHES, M. P.; MLAMBO, V.; LALLO, C. H. O. Interactive effects of growth stage and nitrogen fertilization on herbage characteristics and nutritive value of *Paspalum atratum*. **Grassland Science**, v. 68, n. 2, pp. 124-133, 2022a.

HUGHES, M. P.; MLAMBO, V.; LALLO, C. H. O. Optimum nitrogen fertilization rate and nitrogen use efficiency for *Brachiaria* hybrid and *Megathyrsus maximus* varies with stage of regrowth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 2, n. 4, pp. 168-177, 2022b.

JARAMILLO, David Mirabedini *et al.* Water footprint, herbage, and livestock responses for nitrogen-fertilized grass and grass-legume grazing systems. **Crop Science**, v. 61, n. 5, pp. 3844-3858, 2021.

- KRAFT, R. S. *et al.* Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, pp. 1-14, 2018.
- LEMOS, M. F. *et al.* Grass size and butterfly pea inclusion modify the nutritional value of elephant grass silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02409, 2021.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, pp. 347-358, 1996.
- LISTA, F. N. *et al.* Forage production and quality of tropical forage legumes submitted to shading. **Ciência Rural**, v.49:07, e20170726, 2019.
- LÜSCHER, A. *et al.* Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. **Grass and Forage Science**, v. 69, pp. 206-228, 2014.
- MAHALA, A. G. *et al.* Effect of plant age on DM yield and nutritive value of some leguminous plants (*Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus* and *Clitoria (Clitoria ternatea)*). **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 2, n. 12, pp. 502-508, 2012.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, pp.188-211, 1992.
- OGUIS, G. K. *et al.* Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.
- OLIVO, C. J. *et al.* Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, pp. 19-26, 2017.
- OLIVO, C. J. *et al.* Valor nutritivo de pastagens consorciadas com diferentes espécies de leguminosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, pp. 1543-1552, 2009.
- PATEL, P. A. S.; ALAGUNDAGI, S. C.; SALAKINKOP, S. R. The anti-nutritional factors in forages - A review. **Current Biotica**, v. 6, n. 4, pp. 516-526, 2013.
- PEREIRA, A. V. *et al.* Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n.3, pp. 1-13, 2021.
- RUSSELL, J. B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, pp. 3551-3561, 1992.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355p.
- SCHULTZE-KRAFT, R. *et al.* Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, pp. 1-14, 2018.
- SEIBT, D. C. *et al.* Forage mass and nutritional value of elephant grass intercropped with forage legumes. **Revista Ceres**, v. 68, pp. 429-440, 2021.
- SILVA, P. H. F. *et al.* Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects, cut-and-carry and grazing management. **Ciência Rural**, v. 51, e20200848, 2021.

- SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- SOUZA, A. H. C. *et al.* Productivity and morphological characteristics of buffel grass intercropped with butterfly pea under shade conditions. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, pp. 979-989, 2017.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The Water Balance. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1, pp. 1-104, 1955.
- TRAILL, S. *et al.* Tropical forage legumes provide large nitrogen benefits to maize except when fodder is removed. **Crop and Pasture Science**, 69(2), pp.183-193, 2018.
- TURNOS, L. J. N. Influence of light intensity on the growth and yield of blue ternate (*Clitoria* Sp.). **Asian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 2, n. 2, pp. 1-14, 2021.
- WANG, Y.; MAJAK, W.; MCALLISTER, T. A. Frothy bloat in ruminants: cause, occurrence, and mitigation strategies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, pp. 103-114, 2012.
- WEI, Z. *et al.* Legume nutrition is improved by neighbouring grasses. **Plant and Soil**, pp. 1-13, 2022.
- WOLFE, R. M.; TERRILL, T. H.; MUIR, J. P. Drying method and origin of standard affect condensed tannin (CT) concentrations in perennial herbaceous legumes using simplified butanol-HCl CT analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, pp. 1060-1067, 2008.
- WU, L. *et al.* Shading contributes to the reduction of stem mechanical strength by decreasing cell wall synthesis in japonica rice (*Oryza Sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, pp. 881-881, 2017.

APÊNDICES

Apêndice 1. Parcela e subparcelas (frequências de 60 e 90 dias) logo após o corte de 60 dias. Cunhã (*Clitoria ternatea* L.)



Apêndice 2. Adubação de implantação da área experimental



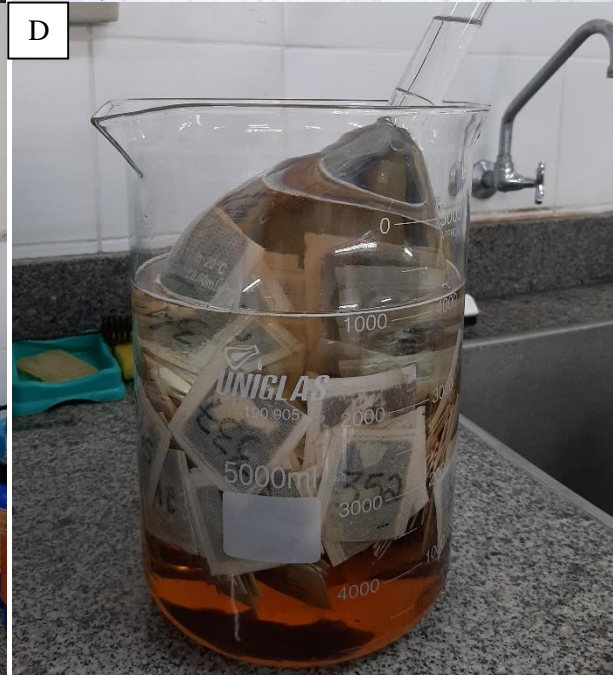
Apêndice 3. Implantação da área experimental



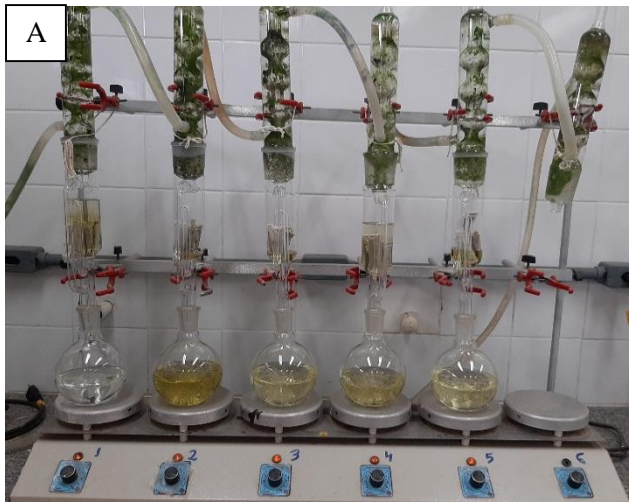
Apêndice 4. Parcela experimental do consórcio entre o genótipo 'Taiwan A-146 2.37' e a cunhã (*Clitoria ternatea* L.)



Apêndice 5. Análises laboratoriais. Matéria seca (A), matéria mineral (B), proteína bruta (C) e lignina (D)



Apêndice 6. Análises laboratoriais. Extrato etéreo (A), digestibilidade *in vitro* (B), fração A (C), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (D)



Apêndice 7. Análises laboratoriais. Curva padrão (A e B), taninos condensados e fenóis totais (C e D)

