

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

ANTÔNIA RAFAELA DA SILVA OLIVEIRA

**ADIÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS PURIFICADOS DE *Mimosa tenuiflora*
(Willd.) Poir.) COMO ADITIVO EM DIETAS COMPOSTAS POR DIFERENTES
LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO**

GARANHUNS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

ADIÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS PURIFICADOS DE *Mimosa tenuiflora*
(Willd.) Poir.) COMO ADITIVO EM DIETAS COMPOSTAS POR DIFERENTES
LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO

ANTÔNIA RAFAELA DA SILVA OLIVEIRA

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

Dr. Daniel Barros Cardoso

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens, do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Área de Concentração: Produção Animal

GARANHUNS – PE
FEVEREIRO DE 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIB-UFAPE)

O48a Oliveira, Antonia Rafaela da Silva
Adição de taninos condensados purificados de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poir.) como aditivo em dietas compostas por diferentes leguminosas forrageiras do semiárido / Antonia Rafaela da Silva Oliveira. – Garanhuns, PE, 2024.
70 f.

Orientador(a): Dulciene Karla de Andrade Silva.
Coorientador(a): André Luiz Rodrigues Magalhães.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, PE, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Taninos. 2. Leguminosas. 3. Ruminantes. 4. Nutrição animal. 5. Gás - Produção. I. Silva, Dulciene Karla de Andrade (orient.) II. Magalhães, André Luiz Rodrigues (coorient.) III. Universidade Federal do Agreste de Pernambuco Ciência Animal e Pastagens IV. Título

CDD 636.0852

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

ANTÔNIA RAFAELA DA SILVA OLIVEIRA

**ADIÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS PURIFICADOS DE *Mimosa tenuiflora*
(Willd.) Poir.) COMO ADITIVO EM DIETAS COMPOSTAS POR DIFERENTES
LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO**

Autor: Antônia Rafaela da Silva Oliveira

Orientadora: Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva
Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Barros Cardoso

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens

Aprovado em: 15 de Fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
(Orientadora)

Profa. Dra. Rayanne Thalita de Almeida Souza
Escola Técnica Estadual Governador Eduardo Campos
(Examinadora)

Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/ PPGZ
(Examinador)

*A Deus, pela imensa misericórdia com sua pequena filha, sem o teu amor, presença e
compaixão, eu nada seria.*

*A minha mãe Eva, pela graciosa função, digna de toda a minha gratidão e amor, por todo o
cuidado, incentivo, apoio e orações. Ao meu padrasto, Jonas, pelo amor puro brotado em seu
coração, em cuidar e zelar da sua filha. Aos meus dois irmãos, Laila e Ruan, o presente mais
generoso de Deus para comigo. Aos meus amigos de verdade, que são tantos, obrigado por
serem base em minha vida.*

Vencemos!

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a virgem Maria pelos passos guiados, pela luz em meu caminho, zelo e proteção. “Porque Dele, por ele e para ele são todas as coisas”. Obrigado paizinho, por ter me sustentado diante dos obstáculos vivenciados e me fazer entender que tudo tem seu tempo determinado e tudo isso faz parte de um propósito maior, sua pequena filha cresceu.

A minha família, meu bem mais precioso e base da minha vida, em especial a pessoa mais importante aqui na terra, minha querida mãe Evaneide Costa da Silva, responsável por todo incentivo, combustível que me guiou para a realização de mais um sonho, sem o seu amor e proteção, não seria possível. Ao meu padrasto, Jonas Alves Pereira, pelo cuidado e amor que tem comigo, nunca serei capaz de retribuir tanto. Aos meus dois irmãos, fonte de todo o meu amor e razão da minha felicidade, Laila e Ruan, sem vocês eu nada seria.

A minha orientadora, Dulciene Karla de Andrade Silva, pelo acolhimento, cuidado e ensinamentos. Orientação (s.f.) ação ou efeito de orientar, de determinar ou de mostrar a direção, o caminho a seguir. Assim como esse significado, te ter como orientadora foi determinante para que eu chegasse até aqui. A caminhada não foi fácil, mas ter alguém do lado que nos encoraje, acredite e te influencie a ser melhor, sem dúvidas, é essencial. Obrigado por acreditar em mim e me dar autonomia de ir atrás do melhor. Jamais vou esquecer de todos os ensinamentos e conhecimentos repassados, será uma mãe para a vida toda.

Ao meu coorientador André Luiz Rodrigues Magalhães, é sinônimo de dedicação, comprometimento, competência e amor a profissão. Primeiro professor que me acolheu na universidade e que é fonte de inspiração e motivação. Seu jeito cativante, paciente e leve de ensinar, faz toda a diferença. Gratidão por Deus ter colocado o senhor em meu caminho, jamais esquecerei cada palavra e gesto, te ter como docente, foi essencial para o meu aprendizado e crescimento.

Ao meu segundo coorientador Daniel Barros Cardoso, por toda disposição, comprometimento e paciência em ensinar, sou extremamente grata por todo apoio sempre que precisei. Profissionais como você são o exemplo a ser seguido, gratidão por tudo, você foi essencial nessa caminhada.

A minha banca examinadora, por contribuir para o desenvolvimento do meu projeto e aceitar o convite para participar desse momento tão importante, Rayanne Thalita de Almeida Souza, você foi um anjo que Deus colocou em meu caminho, num período de medos e incertezas, você foi luz. Gratidão pela pessoa humana e humilde que você é. Obrigada por cada ensinamento e disponibilidade em estar comigo realizando as análises dos nossos taninos, foi

uma honra. Ao professor Evaristo Jorge Oliveira de Souza, meu muito obrigado pela disponibilidade e paciência.

Aos docentes da UFAPE que tenho tanto respeito e admiração, Safira Valença Bispo, Alberício Pereira de Andrade, Mácio Farias de Moura, Geane Dias e Omer Cavalcanti, gratidão por todos os ensinamentos e parcerias, vocês são incríveis.

Escrever os agradecimentos de uma dissertação, além de reflexivo, é um momento doloroso, capaz de nos fazer recordar do início de um ciclo e perceber que rapidamente chegou ao fim. O que nos faz perceber o quanto foi marcante, são as pessoas que foram colocadas em nosso caminho e deixou marcas tão bonitas, de amizade, companheirismo e força.

Aos amigos que ajudaram a carregar todos os fardos, primeiramente, Cleisivan Cunha, o irmão que a vida me deu e se tornou casa quando eu estava distante da minha, o amigo mais prestativo e ouvinte, pessoa iluminada que eu carrego comigo pra sempre. Marília Tavares, companheira dos sonhos e perrengues, gratidão pela amizade, nossa história foi muito bonita, cheia de significados, foco e força sempre.

As minhas vizinhas de Garanhuns, pessoas abençoadas e enviadas por Deus, Mayara Cavalcanti, Nicolý Mirela e Nádyá Cavalcanti, ter vocês em minha vida foram muito especiais, eu sei que sou muito abençoada por Deus e ele sempre foi responsável por colocar pessoas incríveis em meu caminho, amo vocês de todo coração. Aryel Moreno, Iris Barbosa, Renara Noberto e Isabel Medeiros gratidão pela amizade de vocês, por confiar e acreditar em mim, vocês são responsáveis pelas risadas mais leves, sou imensamente grata e vou estar sempre aqui, independente da distância física.

Aos amigos do Grupo de Estudo em Ruminantes – GURU, por todo o suporte no desenvolvimento das pesquisas tanto no campo como no laboratório. Sozinhos não chegamos a lugar nenhum e sem dúvidas, contar com vocês foi algo determinante para que eu chegasse até aqui. Em especial Jorge Luiz, Otávio Medeiros, Aline Bernardo, Calvino Areias, Daniela Colatino, Matheus Silva, Davi Cordeiro, Douglas Costa, Éder Jairo, Flávia Silvestre, Larissa Costa, Tamires Queiroz, Lucas de Souza e Luna.

Ao Grupo de Pesquisa Rumiáridas, pelo acolhimento e suporte no desenvolvimento das pesquisas, serei extremamente grata a todas as pessoas que se disponibilizaram em contribuir, aprendi muito com vocês. Em especial a Daniel Bezerra, pela amizade, comprometimento, paciência e compromisso em estar comigo no desenvolvimento do projeto, sua dedicação foi primordial, toda a minha gratidão. Aos amigos do Rumiáridas, Ana Maria, Alícia, Eduardo, Luciano, Mayra, Tuany e Vitória, gratidão.

Aos amigos que a universidade me proporcionou e foram responsáveis por trocas verdadeiras e cheias de leveza, Sávio, Rafaelly, Letícia Santana, Bruno Henrique, Everton Vilaça, Elisson Teixeira, Luana Lopes.

Aos meus melhores amigos da vida, que também são minha família e estão sempre comigo independentemente de qualquer coisa: André, Tarcinha, Anna, Ana Sânzia, Wilyane, Daiana, Valéria, Idalina, Samuel, Polly, João Paulo, Juliane, Francimar e Kadu.

A técnica do Laboratório de Nutrição Animal, Suzana Lira, uma profissional incrível, humana, paciente e que se tornou uma amiga. Sua presença contagia qualquer ambiente, gratidão pelos sentimentos verdadeiros e apoio sempre que eu precisei.

A todos os motoristas da universidade, que desempenha tão bem o seu papel, além de se tornarem amigos e parceiros. Em especial Ronildo, André, Álvaro, Ezaquiel, Valter e Maciel. Ao porteiro Jucelino, por me receber todos os dias com o mesmo sorriso e cuidado, são pessoas como você que o mundo precisa, independente dos fardos, fazer o outro sorrir, é a sua principal característica. Gratidão.

À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, por ser minha segunda casa nesses dois anos, como suporte para o desenvolvimento das atividades de pesquisa. A todos os docentes que colaboraram para minha formação, gratidão e admiração.

BIOGRAFIA

Antônia Rafaela da Silva Oliveira, filha de Evaneide Costa da Silva e João Maria de Oliveira, nasceu no dia 18 de fevereiro de 1996, na cidade de Apodi, estado do Rio Grande do Norte. Estudou o ensino médio no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN Campus Apodi, no ano de 2010 até 2013, cursando técnico integrado em Zootecnia, o que foi responsável pela escolha e entrada no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. A graduação iniciou no semestre 2015.2, em que participou de atividades do Programa de Educação Tutorial – PET Zootecnia, onde realizava atividade de ensino, pesquisa e extensão, além disso, trabalhou em atividades de monitoria voluntária na disciplina de citologia. O universo da pesquisa também foi impulsionado, com atividades do PIVIC, desenvolvendo pesquisa na área de biotecnologia *in vitro* da reprodução animal e projeto de pesquisa para trabalho de conclusão do curso, na área de tecnologia de produtos de origem animal, com consumo de ovinos e qualidade da carne. Em junho de 2021, recebeu o título de Bacharel em Zootecnia e em março de 2022, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na cidade de Garanhuns/PE, tendo como área de concentração Produção Animal, concentrando seus estudos em nutrição de ruminantes e defendendo sua dissertação em fevereiro de 2024, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO I	17
Revisão de Literatura.....	17
1.REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.1 Caracterização de leguminosas nativas e provisão de serviços ambientais	18
1.1.1 Caracterização de leguminosas exóticas e potencial taninífero	21
1.2 Metabolismo secundário de plantas.....	24
1.3 Estrutura e caracterização química dos taninos.....	25
1.4 Tanino condensado na nutrição de ruminantes.....	26
1.5 Efeito de metabólitos secundários de plantas na fermentação ruminal.....	28
2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
3. OBJETIVOS	41
3.1 Objetivos gerais	41
3.2 Objetivos específicos.....	41
CAPÍTULO II.....	42
Adição de taninos condensados purificados de <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.) como aditivo em dietas compostas por diferentes leguminosas forrageiras do Semiárido	42
RESUMO.....	43
ABSTRACT	44
1.INTRODUÇÃO.....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Local do experimento	47
2.2 Coleta do material vegetal	47
2.3 Análise de composição químico-bromatológica	48
2.4 Fracionamento de compostos nitrogenados	49
2.5 Taninos condensados	49
2.6 Ensaios <i>in vitro</i> de digestibilidade, degradabilidade e cinética de produção de gases	50
2.7 Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS).....	51
2.8 Degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	51
2.9 Cinética de produção de gás <i>in vitro</i>	52
2.10 Delineamento experimental e análise estatística	53
3.RESULTADOS.....	55

4. DISCUSSÃO	62
5.CONCLUSÃO.....	67
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variação morfológica de espécies forrageiras de leguminosas.	47
Tabela 2. Proporção e composição dos ingredientes das dietas experimentais.	50
Tabela 3. Composição químico-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.	51
Tabela 4. Composição químico bromatológica das leguminosas.	55
Tabela 5. Fracionamento de compostos nitrogenados de leguminosas forrageiras.	56
Tabela 6. Parâmetros de degradação e digestibilidade <i>in vitro</i> de dietas compostas por diferentes fontes de proteína e adição de taninos condensados.	59
Tabela 7. Produção de gases <i>in vitro</i> de dietas compostas por diferentes fontes de proteína e adição de taninos condensados.	60

OLIVEIRA, A. R. S. **Adição de taninos condensados purificados de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) como aditivo em dietas compostas por diferentes leguminosas forrageiras do Semiárido.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-Graduação Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientadora: Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva.

RESUMO

Pesquisas têm investigado o potencial dos extratos vegetais, incluindo aditivos fitogênicos como os taninos, visando otimizar a utilização de proteínas por meio da modulação da fermentação ruminal. Com isso, objetivou-se avaliar a inclusão de níveis de extrato de tanino condensado purificado de *Mimosa tenuiflora*, utilizando dietas com diferentes leguminosas forrageiras (*Clitoria ternatea*, *Gliricidia sepium* e *Desmanthus pernambucanus*), sob a digestibilidade, degradabilidade e produção de gases *in vitro*. Foram utilizados sete níveis de 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 g/kg da MS do extrato. As dietas foram compostas por 65% de volumoso (25% de feno de capim tifton-85, 10% de palma forrageira OEM e 30% de uma das leguminosas) e o concentrado representou 35% da MS da dieta (23% milho moído, 10% de farelo de soja, 1% de ureia pecuária e 1% de sal mineral comercial). As amostras de leguminosas para compor as dietas e para a extração do TC, foram coletadas em cinco repetições por espécie, na fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no município de Garanhuns-PE. A avaliação da degradação da matéria orgânica e dos produtos da fermentação ruminal foi realizada por meio da técnica *in vitro* de produção de gases semiautomática. A DIVMS foi estimada pela técnica de dois estágios, já a degradabilidade foi estimada através do primeiro estágio da técnica citada. Todas as espécies avaliadas apresentarem teores de proteína bruta (PB) acima de 230 g/kg de MS, entretanto a cunhã se destacou apresentando os maiores teores de PB (350,65 g/kg MS) e da fração A da proteína (30,10 g/kg MS). A gliricídia e jureminha, apresentaram maiores concentração da fração B1 + B2 da proteína, 69,57 e 67,44 g/kg PB, respectivamente. A fração C, foi maior na jureminha ($P<0,05$) e menor para cunhã e gliricídia. No que se refere as quantificações de tanino, o ECT obteve maior concentração na jureminha e menor na cunhã. O PBCT e FBCT obtiveram maiores concentrações na gliricídia e jureminha, e a cunhã obteve a menor concentração. Com relação ao TCT, maiores concentrações na jureminha e gliricídia que não diferiram entre si, em contrapartida, a cunhã apresentou o menor percentual entre as espécies. Houve interação entre as fontes de proteína na dieta (cunhã, gliricídia e jureminha) e os níveis de TC para a produção total de gás ($P<0,05$), entretanto não foi observada interação para os parâmetros de degradabilidade das dietas. A dieta com gliricídia apresentou elevado potencial de digestibilidade independente da adição de TC, apresentando DIVMS de 874,9 g/kg com zero de tanino, seguida da cunhã com 725,8 g/kg. A adição de TC diminuiu linearmente a digestibilidade das dietas e, independente da adição de TC a jureminha apresentou menor DIVMS. A gliricídia demonstra potencial como fonte de proteína para compor as dietas, porém sua utilização dispensa a adição de taninos. A inclusão do extrato purificado de TC da jurema preta resultou em redução nas taxas de degradação ruminal. Dessa forma, conclui-se que, em plantas naturalmente ricas em taninos, não é necessário aumentar ainda mais a concentração desses compostos.

Palavras-chave: Compostos secundários; degradabilidade; digestibilidade; fracionamento de compostos nitrogenados; produção de gás *in vitro*.

OLIVEIRA, A. R. S. **Addition of purified condensed tannins from *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) as an additive in diets composed of different forage legumes from the Semi-arid Region.** Dissertation (Master in Animal Science and Pastures). Graduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva.

ABSTRACT

Research has investigated the potential of plant extracts, including phytogetic additives such as tannins, to optimize protein utilization by modulating rumen fermentation. With this in mind, the aim was to evaluate the inclusion of levels of purified condensed tannin extract from *Mimosa tenuiflora*, using diets with different forage legumes (*Clitoria ternatea*, *Gliricidia sepium* and *Desmanthus pernambucanus*), on digestibility, degradability and in vitro gas production. Seven levels of 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 g/kg of extract DM were used. The diets consisted of 65% roughage (25% Tifton-85 grass hay, 10% OEM forage palm and 30% one of the legumes) and the concentrate represented 35% of the diet's DM (23% ground corn, 10% soybean meal, 1% livestock urea and 1% commercial mineral salt). The legume samples used to make up the diets and for the extraction of TC were collected in five repetitions per species at the experimental farm of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), in the municipality of Garanhuns-PE. The degradation of organic matter and rumen fermentation products was assessed using the semi-automatic in vitro gas production technique. DIVMS was estimated using the two-stage technique, while degradability was estimated using the first stage of the aforementioned technique. All the species evaluated had crude protein (CP) levels above 230 g/kg DM, but *cunhã* stood out with the highest CP (350.65 g/kg DM) and protein fraction A (30.10 g/kg DM) levels. *Gliricidia* and *jureminha* had the highest concentrations of the B1 + B2 fraction of protein, 69.57 and 67.44 g/kg DM, respectively. The C fraction was higher in *jureminha* ($P < 0.05$) and lower in *cunhã* and *gliricidia*. As far as tannin quantification is concerned, ECT was highest in *jureminha* and lowest in *cunhã*. PBCT and FBCT had the highest concentrations in *gliricidia* and *jureminha*, while *cunhã* had the lowest concentration. With regard to TCT, the highest concentrations were found in *jureminha* and *gliricidia*, which did not differ from each other; on the other hand, *cunhã* had the lowest percentage among the species. There was an interaction between the sources of protein in the diet (*cunhã*, *gliricidia* and *jureminha*) and the levels of TC for total gas production ($P < 0.05$), but no interaction was observed for the degradability parameters of the diets. The *gliricidia* diet had a high digestibility potential regardless of the addition of TC, with DIVMS of 874.9 g/kg with zero tannin, followed by *cunhã* with 725.8 g/kg. The addition of TC linearly decreased the digestibility of the diets and, regardless of the addition of TC, *jureminha* had the lowest DIVMS. *Gliricidia* shows potential as a protein source for diets, but its use does not require the addition of tannins. The inclusion of the purified extract of TC from black *jurema* resulted in a reduction in rumen degradation rates. It can therefore be concluded that it is not necessary to further increase the concentration of these compounds in plants that are naturally rich in tannins.

Key-words: Secondary compounds; degradability; digestibility; fractionation of nitrogenous compounds; in vitro gas production.

INTRODUÇÃO GERAL

Devido às limitações alimentares, relacionadas a disponibilidade de alimentos e ao menor valor nutricional das pastagens disponíveis, a estação seca representa um sério desafio para a produção animal em regiões semiáridas (Nobre *et al.*, 2023). Sendo predominantemente ainda, o modelo extensivo de produção animal, no qual, dentre outras características, destaca-se a disponibilidade reduzida de pastagem de qualidade, especialmente quanto ao teor de proteína (Azevedo *et al.*, 2022).

Em sistemas de produção animal, a alimentação, especialmente a proteína de alta qualidade, se constitui como um dos componentes dietéticos mais caros na nutrição de ruminantes (Ahnert *et al.*, 2015) do total custos operacionais do sistema de produção.

Diante desse cenário, a inclusão de leguminosas em sistemas de produção de ruminantes, emerge como uma estratégia com potencial para suplemento proteico de dietas de ruminantes. Além disso, as leguminosas forrageiras têm ganhado reconhecimento como uma alternativa sustentável para a alimentação animal, não apenas devido ao seu alto valor nutritivo (Terra *et al.*, 2019).

A inclusão de forragens leguminosas na dieta de ruminantes proporciona diversos impactos positivos na sustentabilidade do sistema agrícola, incluindo a fixação biológica de nitrogênio, o controle da erosão, a reciclagem de nutrientes e a promoção da biodiversidade (Schultze-Kraft *et al.*, 2018), além do fornecimento de compostos secundários.

O uso de aditivos alimentares como estratégia para mitigar os impactos nutricionais e ambientais indesejáveis da atividade, ao mesmo tempo em que intensifica benefícios para o animal, apresenta potencial para modificar o ambiente ruminal, aprimorar a eficiência nutricional e diminuir perdas produtivas (Tedeschi *et al.*, 2011).

Entre as diversas categorias de aditivos alimentares disponíveis, merecem destaque os aditivos alimentares, os quais englobam compostos vegetais secundários, tais como óleos essenciais e taninos (Honan *et al.*, 2021).

Os taninos, especialmente os taninos condensados (TC), são característicos das leguminosas perenes da estação quente (Wolfe *et al.* 2008), no entanto, durante o estresse térmico, a concentração de compostos secundários aumenta nas plantas, e eles atuam como compostos defensivos que inibem os danos causados por parasitas, insetos e herbívoros (Alvarado *et al.*, 2019; Lambers e Oliveira, 2019).

Historicamente, os taninos são reconhecidos como substâncias capazes de modular a fermentação ruminal (Abdullah *et al.*, 2018), devido ao efeito associativo sobre a microbiota e

aproveitamento de nutrientes dietéticos. No entanto, o TC pode representar um aditivo alternativo devido a sua afinidade por proteínas, polissacarídeos e aminoácidos (Mueller-Harvey, 2006).

Uma estratégia estudada para regular a fermentação e o metabolismo no rúmen é a incorporação de taninos como parte da dieta dos ruminantes, pois oferecem várias vantagens quando utilizados em quantidades apropriadas. Estudos demonstraram que os taninos podem reduzir a degradação de proteínas no rúmen, aumentar o fluxo de proteínas para o duodeno e promover a síntese de proteínas microbianas (Min e Solaiman, 2018; Soldado *et al.*, 2021).

O uso de extratos de taninos para proteger as fontes de proteína da degradação ruminal extensiva pode resultar em melhorias significativas na utilização de proteína e na eficiência da produção animal. No entanto, é necessário realizar estudos mais detalhados, para determinar a viabilidade na adição de taninos em dietas que já possuem forrageiras taniníferas, avaliando os possíveis impactos no ambiente ruminal.

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Caracterização de leguminosas nativas e provisão de serviços ambientais

A área total de pastagens no Brasil é de 159.497.547 milhões de hectares, com 30% correspondendo a pastagens naturais (IBGE, 2017). Atualizações mais recentes, revelam que essa área abrange, na verdade, 177.294.874,984 milhões de hectares, ocupando cerca de 20,87% do Brasil (LAPIG, 2022). Estima-se que aproximadamente 50% dessas áreas estejam em algum estágio de degradação (Macedo *et al.*, 2014).

Sob uma perspectiva ecológica, as leguminosas nativas desempenham um papel crucial na restauração de áreas degradadas na Caatinga, frequentemente atuando como espécies pioneiras. A preservação dessas espécies de leguminosas nativas é essencial não apenas para a manutenção da biodiversidade da Caatinga, mas também para assegurar a sustentabilidade desse importante bioma brasileiro (Dubeux Júnior *et al.*, 2023).

A incorporação de forragens leguminosas na alimentação de ruminantes tem vários impactos positivos na sustentabilidade do sistema agrícola, incluindo a fixação biológica de N, o controle da erosão, a reciclagem de nutrientes e a manutenção da biodiversidade (Schultze-Kraft *et al.* 2018), bem como aumentar a produtividade da pecuária. O nitrogênio fixado pelas leguminosas proporciona suporte à produtividade de forragem e estende a vida útil da pastagem (Barcellos *et al.*, 2008).

Quando as plantas forrageiras são manejadas de forma adequada, não apenas atingem os objetivos produtivos, mas também têm o potencial de fornecer uma ampla gama de serviços ambientais e ecossistêmicos relevantes (Sollenberger *et al.*, 2019; Dubeux Júnior *et al.*, 2022), estes serviços incluem não apenas a provisão de produtos como carne, leite e madeira, mas também a regulação dos processos ecossistêmicos, como sequestro de carbono, além disso, as plantas forrageiras contribuem para serviços culturais, como lazer e ecoturismo, e fornecem suporte essencial para os ecossistemas, como ciclagem de nutrientes e manutenção ou melhoria da fertilidade do solo (Mello *et al.*, 2023).

Pastagens que contêm leguminosas, tanto em climas tropicais quanto temperados, são reconhecidas por serem capazes de introduzir no sistema uma quantidade de 50 a 280 kg de N ha⁻¹ano⁻¹ por meio da fixação biológica (Dubeux Júnior *et al.*, 2017; Jaramillo *et al.*, 2021). Além disso, a presença de leguminosas nos pastos influencia positivamente a qualidade da forragem devido ao geralmente mais elevado teor de proteína (Giannoulis *et al.*, 2022).

Outro aspecto importante, é o sequestro de carbono, se caracterizando como um benefício essencial proporcionado pelas pastagens, especialmente em meio às mudanças

climáticas. A serapilheira proveniente de leguminosas, que se decompõem rapidamente, desempenha um papel significativo no acúmulo de C no solo (Sollenberger e Dubeux Júnior, 2022).

A decomposição da serapilheira pelos micro-organismos do solo desempenha um papel crucial no fornecimento de nutrientes para a reciclagem. Vale ressaltar que as leguminosas forrageiras, que realizam fixação biológica de nitrogênio e possuem resíduos orgânicos mais ricos em nitrogênio, contribuem significativamente para aprimorar a qualidade da serapilheira e facilitam o processo de decomposição em sistemas de pastejo (Ribeiro et al., 2023).

Além de melhorar o valor nutritivo da dieta dos ruminantes, a inclusão de leguminosas tem o efeito de reduzir a emissão de metano entérico por meio do aumento no consumo de matéria seca e da fermentação da matéria orgânica. A elevação da digestibilidade da forragem diminui o tempo de retenção da digesta e a produção de íons H_2 , resultando em uma redução na emissão de metano para a atmosfera (Ku-Vera et al., 2020).

A utilização de forrageiras leguminosas taniníferas no período das águas, em regiões com grande representatividade dessas espécies, pode constituir cerca de 70% do volumoso ingerido por animais em pastejo. Além de que as plantas leguminosas se destacam, entre os outros tipos de forrageiras por possuírem uma quantidade de proteína que pode chegar à 25% da MS, tornando-as uma boa alternativa na alimentação animal (Silva, 2009; Mcnaughton & Ternuoth, 1987).

No Nordeste do Brasil, as leguminosas são abundantes nas pastagens, com variação de acordo com localização, época do ano, espécie e metodologia de avaliação (Muir et al., 2019).

O gênero *Desmanthus* é constituído por 24 espécies de leguminosas que ocorrem naturalmente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais das Américas (Muir et al., 2014). No Brasil, especialmente na região Nordeste, a espécie *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell) é predominantemente encontrada (Calado et al., 2016), popularmente conhecida como Jureminha.

A jureminha é uma leguminosa nativa, caracterizada como arbustiva, perene e decumbente, com ramos longos e finos, raízes pivotantes e alto rendimento de sementes, atingindo alturas de 0,5 a 2,5 metros (Costa et al., 2017).

Além disso, possui hábito de crescimento ereto, apresenta uma ramificação basal limitada, suas folhas são compostas e bipinadas, e destaca-se pela presença de inflorescências de coloração branca, com frutos em forma de vagens contendo sementes de tonalidade marrom. Uma característica notável é sua notável produção de sementes viáveis. Além disso, suas raízes são pivotantes e incluem a formação de xilopódios, órgãos utilizados para armazenar água e

nutrientes, conferindo-lhe uma elevada capacidade de resistência a períodos secos (Costa *et al.*, 2017).

Essa espécie, destaca-se pelo seu potencial adaptativo à região Semiárida, sendo resistente à seca, além disso, possui grande importância na produção animal e aceitabilidade por uma grande diversidade de animais (Medeiros *et al.*, 2020). Sua presença é observada em diversos tipos de solos e a planta se destaca pela abundante produção de sementes, facilitando assim a sua propagação (Diniz Neto *et al.*, 2013).

A Jureminha é encontrada em solos arenosos e prospera particularmente em solos com baixa presença de argila, sendo comum em áreas pedregosas e solos salinos, independentemente de sua composição argilosa ou arenosa. Esta planta apresenta adaptação a uma ampla faixa de pH, variando de 5,0 a 9,0, com uma preferência notável por solos alcalinos (Cook *et al.*, 2020).

Ao analisar a composição químico-bromatológica do gênero *Desmanthus*, Cruz *et al.* (2007) identificaram teores de 188,0 g.kg⁻¹ de Proteína Bruta (PB), 487,0 g.kg⁻¹ de Fibra em Detergente Neutro (FDN), 389,0 g.kg⁻¹ de Fibra em Detergente Ácido (FDA) na matéria seca. Além disso, foi registrado um teor de 24,0 g.kg⁻¹ de tanino total e 429,0 g.kg⁻¹ de Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS).

Rodrigues (2017) analisando concentrações das frações de tanino do feno de jureminha com base na curva-padrão feita a partir do tanino condensado purificado de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), verificou-se as seguintes frações, tanino condensado solúvel (1,5%), tanino condensado ligado (4,8%) e tanino condensado total (6,3%).

Silva (2022) avaliou a concentração de taninos condensados das folhas e ramos da cunhã e jureminha em duas frequências de cortes, aos 60 dias de corte, obteve nas folhas e ramos da jureminha 230 e 179 (mg TC g⁻¹ planta), respectivamente. E para cunhã, 18 e 17 (mg TC g⁻¹ planta) nas folhas e ramos. Enquanto que aos 90 dias, essa proporção foi maior para jureminha, obtendo na jureminha 376 e 274 (mg TC g⁻¹ planta) nas folhas e ramos. Enquanto que cunhã, aos 90 dias, essa proporção diminuiu, obtendo 18 e 14 (mg TC g⁻¹ planta) nas folhas e ramos.

A Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), é leguminosa arbustivo-arbórea com extensa ocorrência em todo o Semiárido brasileiro. Esta espécie desempenha um papel significativo nos sistemas tradicionais de cultivo do semiárido, especialmente na recuperação da fertilidade natural do solo após o corte e exploração da vegetação arbórea, além de diversos ciclos de produção agrícola (Kass e Somarriba, 1999). Isso ocorre principalmente devido ao seu notável potencial de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (Freitas *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2017), contribuindo assim para aprimorar a qualidade do solo (Martins *et al.*, 2019).

Nunes *et al.* (2016) conduziram uma avaliação da composição químico-bromatológica de espécies identificadas pela população local como forrageiras, entre as espécies mencionadas, a *M. tenuiflora* (com folhas e galhos finos de até 5 mm de diâmetro) apresentou 98 g kg⁻¹ de MS para proteína bruta (PB), 489 g kg⁻¹ de MS para fibra em detergente neutro (FDN) e 328 g kg⁻¹ de MS para fibra em detergente ácido (FDA). Já a silagem elaborada com folhas e hastes de até 1 cm da Jurema preta demonstrou 123 g kg⁻¹ de MS de PB e 593 g kg⁻¹ de MS de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Silva *et al.*, 2015).

As espécies florestais mais utilizadas na produção comercial de taninos são as cascas de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) e o cerne do quebracho (*Schinopsis sp.*), entretanto, uma espécie abundante no semiárido brasileiro, com potencial para produção de taninos é a (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret), conhecida popularmente como Jurema Preta. (Azevêdo *et al.*, 2015).

Nozella (2001), determinando taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes, encontrou teores de compostos fenólicos da Jurema Preta, como fenóis (140,06 g.kg MS⁻¹), taninos (122,50 g.kg MS⁻¹) e taninos condensados (69,20 g.kg MS⁻¹).

Souza *et al.* (2020), avaliando frações de taninos condensados em g/kg da casca de Jurema Preta em três estados do Nordeste Alagoas, Paraíba e Pernambuco, através da metodologia do HCl-Butanol (419,08 g/kg; 400,44 g/kg; 550,38 g/kg, respectivamente) e PPP (298,04 g/kg; 344,06 g/kg; 440,82 g/kg, respectivamente).

1.1.1 Caracterização de leguminosas exóticas e potencial taninífero

Entre as leguminosas forrageiras adaptadas as condições do Semiárido, observa-se Cunhã (*Clitoria ternatea* (L.) e Gliricídia (*Gliricidia sepium*).

A Cunhã (*Clitoria ternatea* L.), é uma leguminosa forrageira que apresenta boa adaptabilidade ao clima e solo do semiárido brasileiro, apresentando alta produtividade de matéria seca nesta região (Machado *et al.*, 2021).

No Brasil, as origens do cultivo da Cunhã são incertas, alguns autores afirmam que é originária da Ásia e pertence à família Fabaceae, pode ser descrita como uma planta tropical herbácea perene e trepadeira, adaptada principalmente ao clima tropical. Suas características incluem folhas pinadas com 5 a 7 folíolos elípticos, cada um medindo de 3 a 5 cm de comprimento. A Cunhã apresenta flores de cor azul escuro ou branco, solitárias ou aparecem em pares, compostas por cinco pétalas, e suas folhas são pinadas e estipuladas. A planta exibe racemos axilares pequenos, um cálice tubular e raízes pivotantes e profundas, enquanto os frutos são vagens lineares, planas e levemente pubescentes, contendo de 8 a 10 sementes escuras quando maduras (Gomez e Kalamani, 2003; Martins, 2012; Machado *et al.*, 2021).

Seu hábito de crescimento volúvel, com presença de ramificações, apresentando altura que pode variar de 60 a 70 cm. Além disso, possui caule principal subereto e lenhoso na base, os ramos secundários são finos e entrelaçados (Cook *et al.*, 2020).

De acordo com Alencar e Guss (2016), o crescente interesse na espécie não se deve apenas à sua adaptabilidade, mas também às suas propriedades nutricionais, destacando-se o elevado teor de proteína. Essa característica torna a planta especialmente atrativa para o uso em leguminosas forrageiras, ressaltando-se a preferência pela Cunhã devido aos seus níveis substanciais de proteína, sendo frequentemente empregada em consórcios com outras forrageiras.

A cunhã é notável por sua capacidade de adaptação a uma variedade de climas, pela boa persistência ao longo do tempo e pela manutenção de um rendimento forrageiro consistente, além dessas características, destaca-se por sua elevada capacidade de fixação de nitrogênio, atuando como fertilizante natural em terras agrícolas (Mistura *et al.*, 2011; Suarna e Wijaya, 2021).

A Cunhã tem sido cultivada de diversas maneiras, incluindo para pastagem em curtos períodos, banco de proteínas, além disso, é utilizada na alimentação como forragem fresca e na colheita para produção de feno ou silo, proporcionando grandes melhorias na qualidade da produção pecuária, pois ocorre uma otimização no desempenho dos animais alimentados com este tipo de forrageira, devido aos níveis de proteína e sua fácil digestibilidade (Avalos *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2010).

A germinação e estabelecimento são favorecidos em temperaturas que variam de 24 a 32 °C, especialmente quando as sementes são semeadas em solo úmido, a uma profundidade de 2,5 a 5 cm e com uma distância de 20 a 30 cm entre elas. Para garantir um estabelecimento adequado, recomenda-se o plantio com uma densidade de 2 a 6 kg de sementes por hectare (Cook *et al.*, 2020). Conforme observado por Oguis *et al.* (2019), a taxa de germinação das sementes da cunhã é um desafio significativo que limita a propagação eficaz da espécie.

Devido ao seu elevado teor de matéria seca, variando entre 286 a 291 g/Kg na matéria fresca, conforme estudo de Araújo *et al.* (2022), e uma significativa quantidade de proteína bruta, registrada em 254,8 g/Kg de matéria seca (Jusoh e Nur Hafifah, 2018), a cunhã torna-se amplamente empregada em dietas destinadas a ruminantes (Araújo *et al.*, 2022). Além dessas propriedades nutricionais, a planta também apresenta compostos fenólicos, terpenos e alcaloides, conferindo-lhe potencial antioxidante e bactericida (Jaafar *et al.*, 2020; Hariad *et al.*, 2023).

A *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) é uma leguminosa de porte médio, nativa da América Central, pertencente à família Fabaceae, no qual é notável como a família mais proeminente no reino vegetal, sendo reconhecida principalmente como uma fonte relativamente valiosa de proteína vegetal (Grygier *et al.*, 2022).

A gliricídia é uma espécie de considerável interesse comercial e econômico em regiões tropicais, devido às suas características de uso múltiplo, destacando-se como uma espécie forrageira com grande potencial, especialmente para a região semiárida brasileira (Edvan *et al.*, 2016).

A Gliricídia é uma árvore arbórea semidecídua que alcança alturas entre 10 a 12 metros e diâmetro médio do caule de até 30 cm (Mesa-Sierra *et al.*, 2020). Trata-se de uma leguminosa pouco exigente em fertilidade do solo, conhecida pela sua capacidade em se adaptar a vários solos, incluindo alcalinos, ácidos, arenosos e argilosos (Braga *et al.*, 2022).

A espécie prospera em climas quentes e secos, com uma média anual de precipitação variando entre 900 a 1500 mm (Wafaey *et al.*, 2023). Além disso, pode suportar uma temperatura máxima entre 34°C a 41°C e uma temperatura mínima entre 14°C e 20°C.

Ao analisarem a composição das folhas da gliricídia, Costa *et al.* (2009) observaram os seguintes teores médios: 23,1% de matéria seca (MS), 24,1% de proteína bruta (PB), 38,8% de fibra detergente neutro (FDN) e 24,3% de fibra detergente ácido (FDA). Além disso, a maximização do aproveitamento da gliricídia pode ser alcançada ao disponibilizá-la na forma de feno ou silagem. Esses métodos de conservação de volumosos têm o potencial de elevar a aceitação da gliricídia pelos animais, devido à volatilização de compostos fenólicos, quando comparados à oferta *in natura* (Costa *et al.*, 2009).

Juma *et al.* (2006), compararam a gliricídia com outras leguminosas da caatinga, como *Clitoria ternatea* (Cunhã) e *Mucuna pruriens* (Mucuna), observou-se que a gliricídia apresentou níveis mais elevados de taninos, apresentando 22,3 g/kg⁻¹ MS, enquanto que a Cunhã e Mucuna, registraram 17,1 e 18,0 g/kg⁻¹ MS, respectivamente. Essa característica pode exercer influência na digestibilidade da proteína, tornando-a mais propícia para aproveitamento no intestino delgado. Isso resulta em uma utilização mais eficiente de aminoácidos pelo animal, uma vez que não são direcionados para a formação excessiva de amônia ruminal, evitando perdas energéticas consequentes.

Rodrigues (2017) analisando concentrações das frações de tanino do feno de gliricídia com base na curva-padrão feita a partir do tanino condensado purificado de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), verificou-se as seguintes frações, tanino condensado solúvel (11,5%), tanino condensado ligado (3,5%) e tanino condensado total (15%).

1.2 Metabolismo secundário de plantas

As plantas sintetizam uma ampla variedade de produtos químicos, os quais podem ser categorizados como metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários são compostos produzidos por todas as plantas e desempenham um papel direto no crescimento e desenvolvimento vegetal (Borges e Amorim, 2020). Além disso, o metabolismo primário engloba processos essenciais como a fotossíntese e a respiração, que são necessários para completar o ciclo de vida da planta. Por outro lado, o metabolismo secundário produz compostos que nem sempre são vitais para o ciclo de vida da planta, mas desempenham um papel crucial na interação entre a planta e o meio ambiente (Oliveira *et al.*, 2011).

Conforme achados de Pereira e Cardoso (2012), os compostos fenólicos secundários originam-se de um desvio do metabolismo da glicose. Segundo indicado por Sá Mendes (2007), esses compostos são sintetizados principalmente pela via do ácido chiquímico, caracterizando-se como a via primordial para as plantas, além da via do ácido mevalônico, que desempenha um papel significativo apenas na biossíntese de compostos fenólicos em fungos e bactérias.

Segundo Naumann *et al.* (2017), os compostos secundários podem ser classificados em três grandes grupos: terpenos (que incluem óleos essenciais), alcalóides (amplamente utilizados na indústria farmacêutica) e compostos fenólicos (que incluem flavonóides, lignina e taninos, entre outros).

Os taninos representam os principais metabólitos secundários polifenólicos, com uma ampla distribuição na faixa de 5 a 10% dos materiais vegetais vasculares secos (Barbehenn e Constabel, 2011). Essas substâncias são predominantemente encontradas em cascas, caules, sementes, raízes, botões e folhas (Barbehenn e Constabel, 2011; Giovando *et al.*, 2019). Desempenhando um papel crucial como agentes defensivos das plantas, os taninos protegem as árvores contra fungos, patógenos, insetos e animais herbívoros (Hagerman *et al.*, 1998; Sharma, 2019).

Aproveitando essas propriedades, os taninos têm sido utilizados para proteger a proteína da dieta da degradação microbiana no rúmen porque os complexos formados podem ser estáveis no pH ruminal (5,5 a 7,0). Nos compartimentos pós-ruminais, os complexos podem ser dissociados no abomaso (pH 2,5–3,5) e no intestino delgado (pH > 7) (Mueller-Harvey, 2006).

Em plantas vasculares, os taninos são sintetizados por uma organela derivada do cloroplasto e encontram-se armazenados nos vacúolos ou na camada superficial de cera. Esses locais de armazenamento não apenas mantêm os taninos ativos contra predadores de plantas, mas também impedem que alguns deles afetem o metabolismo da planta enquanto o tecido está vivo. Além disso, os taninos são frequentemente concentrados nas regiões de crescimento das

árvores, como o floemasecundário e o xilema, entre o córtex e a epiderme, indicando assim sua influência no desenvolvimento desses tecidos (Das *et al.*, 2020).

Em termos gerais, a casca apresenta uma concentração maior de taninos em comparação com outras partes da árvore, como folhas, madeira e brotos (Antwi-Boasiako e Animapauh, 2012). Os taninos também exibem variações em suas propriedades.

Conforme Min *et al.* (2003) os taninos, que normalmente, encontram-se nos vacúolos das células onde não interferem no metabolismo da planta, sofrem apenas com a ruptura da célula, o que pode ser causado por algum processo mecânico, como a mastigação.

1.3 Estrutura e caracterização química dos taninos

Os taninos são naturalmente um grupo heterogêneo de substâncias compostas fenólicas com diversas estruturas que compartilham suas habilidades de ligar e precipitar proteínas. Os taninos são classificados principalmente em 3 grupos principais: taninos hidrolisáveis (TH), taninos condensados (TC), também conhecidos como proantocianidinas, e florotaninos (PT).

Os taninos são polímeros fenólicos solúveis em água com potencial para formar complexos com proteínas e polissacarídeos como amido, celulose, hemicelulose e pectina, devido à presença de grupos hidroxila fenólicos (Min *et al.*, 2018). Eles constituem um grupo diversificado de compostos, geralmente definidos como substâncias polifenólicas de alto peso molecular, e são compostos vegetais secundários encontrados em diferentes órgãos e tecidos das plantas, como paredes celulares ou abrigados em vacúolos em caules, cascas, folhas, flores e sementes (Patra, 2012).

Os taninos foram divididos em dois grupos. Os taninos hidrolisáveis (TH) são facilmente fracionados por tratamento com água quente, ácidos ou enzimas, que promovem a liberação de seus açúcares e ácidos carboxílicos fenólicos. Compostos de taninos não hidrolisáveis são chamados de taninos condensados (TC) (Min *et al.*, 2018).

Os taninos hidrolisáveis possuem peso molecular menor que os taninos condensados e possuem como núcleo central da estrutura uma molécula com múltiplos grupos hidroxila, como glicose, glucitol e ácido quinínico, parcial ou totalmente ligados por ligação éster a um composto fenólico, como o ácido cárico, formando as galantaminas e os elagitatinos. Devido a esta estrutura, os TH são propensos à hidrólise por ácidos, bases ou esterases (Bule *et al.*, 2020).

Os taninos condensados, conhecidos como proantocianidinas, são mais prevalentes nas plantas do que os taninos hidrolisáveis. Eles são compostos por polímeros de flavan-3-óis (catequina) ou flavan-3,4-dióis (leucoantocianidina), os quais conferem características distintas

aos alimentos, como adstringência, aroma e cor. As unidades fundamentais desses taninos são ligadas entre si por ligações C-C, que não são suscetíveis à degradação enzimática anaeróbica, conforme observado por Monagas *et al.* (2010). Esses taninos existem na natureza em diferentes graus de polimerização e hidroxilação, o que determina seu peso molecular e, por conseguinte, sua bioatividade e impacto na digestão (Naumann *et al.*, 2013).

O TC é composto por polímeros de flavonóides (catequina e galocatequina), cujas formas monoméricas são antocianidinas (cianetos e delphinidinas). O TH é composto por polímeros esterificados de ácido gálico ou elágico (galantaminas e elagitaninos) ligados a uma molécula central, geralmente um açúcar ou polifenol (Huang *et al.*, 2018).

Comparada à TH, a TC possui estruturas mais complexas e pesos moleculares mais elevados, variando de 1.000 a 20.000 Daltons. Ao contrário da TH, apenas a forte hidrólise oxidativa e ácida pode despolimerizar as estruturas da TC que também não são suscetíveis à degradação enzimática anaeróbica (McSweeney *et al.*, 2001).

As concentrações e a bioatividade da TC nas plantas são influenciadas por vários fatores, como temperatura, intensidade de luz, água, estresse, nutrientes do solo, qualidade do solo, topografia e herbivoria (Patra e Saxena, 2011), com variações também ocorrendo na mesma planta ao longo do ano.

Tanto TH quanto TC podem precipitar com proteínas e polissacarídeos, devido à presença de muitos compostos fenólicos e grupos hidroxila (Peng *et al.*, 2021). As diferentes estruturas entre os dois determinam a atividade potencial desses compostos porque os taninos hidrolisáveis são rapidamente degradados em grupos fenólicos menores (Bule *et al.*, 2020).

Os taninos condensados são o tipo mais comum de tanino em leguminosas forrageiras, árvores e arbustos, enquanto o TH está frequentemente presente em folhas de árvores e arbustos em áreas tropicais (Min *et al.*, 2003).

As estruturas químicas e as concentrações de taninos variam muito entre as espécies de plantas, estágios de crescimento e condições de crescimento, como temperatura, intensidade de luz, estresse nutricional e exposição à herbívora (Frutos *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2017).

Taninos de diferentes origens podem afetar diferentemente a disponibilidade e utilização de nutrientes, mesmo quando ingeridos na mesma concentração (Schofield *et al.*, 2001; Bueno *et al.*, 2008).

1.4 Tanino condensado na nutrição de ruminantes

Nem todas as espécies vegetais produzem TC e, entre aquelas que o sintetizam, sua concentração e características químicas são altamente variáveis. A maioria das plantas

produtoras de taninos condensados apresentam efeitos antinutricionais nos animais que as consomem, como diminuição da aceitabilidade da dieta, menor ingestão de concentrações dietéticas de TC superiores a 5% na matéria seca (MS), redução da digestibilidade dos nutrientes (proteínas, carboidratos e gorduras) e menor eficiência alimentar (Naumann *et al.*, 2017).

Conforme Mueller-Harvey (2006), a palatabilidade frequentemente depende da adstringência associada aos complexos de proteína de TC formados a partir de proteínas presentes na saliva. Portanto, quanto maior a quantidade de proteína ligada pelos taninos condensados, maior será a adstringência, e consequentemente, menor será a palatabilidade. No entanto, é importante destacar que nem todos os taninos condensados têm a mesma capacidade de se ligar às proteínas.

Algumas plantas forrageiras, como as leguminosas com teor elevado em TC, também tendem a ser abundantemente nutritivas, incluindo teores significativos de proteínas, nesse sentido, animais que consomem leguminosas que contêm TC, é possível que o elevado valor nutritivo dessas plantas contribua para neutralizar os efeitos antinutricionais frequentemente observados dos TC, especialmente quando os animais consomem concentrações elevadas dessas formas biologicamente ativas (Naumann *et al.*, 2017).

Portanto, é possível afirmar que concentrações elevadas de taninos podem diminuir o consumo voluntário de ração e a digestibilidade dos nutrientes (Makkar, 2003; Frutos *et al.*, 2004). Por outro lado, concentrações baixas a moderadas podem exercer efeitos benéficos na nutrição de ruminantes e na saúde. Esses benefícios englobam a proteção da proteína dietética contra a degradação ruminal (Frutos *et al.*, 2004; Patra e Saxena, 2011), além da atividade anti-helmíntica (Hoste *et al.*, 2015), redução das emissões de metano (Beauchemin *et al.*, 2008; Bodas *et al.*, 2012; Hristov *et al.*, 2013) e redução do estresse oxidativo (Ciampi *et al.*, 2020). Uma descoberta relativamente recente sobre os benefícios dos taninos inclui sua capacidade de modular a biohidrogenação ruminal e, consequentemente, as composições de ácidos graxos de produtos de origem animal (Priolo *et al.*, 2005; Buccioni *et al.*, 2012; Carreño *et al.*, 2015).

Os efeitos dos taninos condensados sobre os ruminantes podem variar entre benéficos e prejudiciais, dependendo da quantidade consumida pelos animais, do tipo e da estrutura química dos taninos, assim como da composição geral da dieta, especialmente da concentração de proteína bruta (PB) na alimentação (Mueller-Harvey, 2006).

No entanto, em concentrações elevadas, os taninos condensados podem impedir a ingestão de alimentos devido à sua natureza adstringente, reduzindo a digestão de proteínas e outros nutrientes ao "superproteger" as proteínas, isso resultaria na diminuição da atividade

microbiana ruminal e na inibição das atividades das enzimas digestivas endógenas, impactando negativamente o desempenho animal. As concentrações dietéticas de taninos condensados que exercem efeitos adversos sobre o desempenho animal variam de acordo com as fontes de taninos, ou seja, suas composições químicas e estruturas (Huang *et al.*, 2018).

Os TC podem manifestar efeitos benéficos, sendo sua influência dependente da concentração, natureza, espécie, estado fisiológico do animal e composição da dieta. Estudos indicam que a ingestão de plantas contendo concentrações entre 3 e 4% de TC exibe efeitos positivos na digestão, sem afetar o consumo voluntário, podendo prevenir a ocorrência de timpanismo em situações em que há elevada concentração de proteínas solúveis na dieta. Adicionalmente, os TC modulam de maneira favorável a fermentação entérica. Contudo, é crucial ressaltar que esses benefícios não anulam os efeitos adversos dos taninos na digestão e produção animal; assim, sugere-se uma abordagem criteriosa em sua utilização na alimentação animal (Berchielli *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012; Suybeng *et al.*, 2019).

1.5 Efeito de metabólitos secundários de plantas na fermentação ruminal

A fermentação ruminal de carboidratos e proteínas é frequentemente considerada um processo ineficiente, resultando em perdas significativas de energia, com mais de 12% da energia dietética sendo dissipada na forma de metano e calor, e mais de 50% da proteína dietética convertida em amônia no rúmen, perdida subsequentemente pela urina (Callaway *et al.*, 2003).

Essa baixa eficiência na conversão de nitrogênio em proteína animal acarreta em perda de energia, reduzindo a produtividade dos sistemas e potencialmente aumentando a poluição ambiental por nitrogênio (N) (Herremans *et al.*, 2020). Adicionalmente, a sociedade tem crescente preocupação em relação aos impactos ambientais da produção pecuária, enfatizando a necessidade de mais pesquisas para melhorar a eficiência do uso de N, com ênfase em alternativas naturais (Yang *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2018).

Nesse contexto, produtos secundários do metabolismo basal das plantas, como os taninos, têm sido identificados como potenciais mitigadores de bactérias metanogênicas (Fagundes *et al.*, 2020) e precursores proteicos, considerando a baixa eficiência na utilização de N devido à sua capacidade de reduzir a degradabilidade no rúmen (Broderick *et al.*, 2017).

McSweeney *et al.* (2001) observaram que a afinidade dos taninos condensados com as proteínas resulta na redução da degradação desse componente da dieta pelos microrganismos ruminais. Isso proporciona um maior aporte de proteína disponível para a degradação e absorção intestinal.

Os taninos têm a capacidade de reduzir a degradabilidade das proteínas ruminais e a digestão da parede celular das plantas, pois se ligam às proteínas da dieta e aos polissacarídeos estruturais, tais como celulose, hemiceluloses e pectina, resultando na diminuição da taxa de digestão desses componentes (Bodas *et al.*, 2012). Além disso, os taninos podem interferir na digestão ao se ligarem a enzimas microbianas (McSweeney *et al.*, 2001).

Os efeitos dos compostos secundários sobre as populações de protozoários, fungos e bactérias resultam em modificações na formação de produtos finais da fermentação, como amônia e ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen (Bodas *et al.*, 2012). Nesse sentido, saponinas, óleos essenciais e taninos geralmente reduzem a quantidade de nitrogênio amoniacal produzido no rúmen, promovendo uma melhoria na assimilação do nitrogênio aminoacídico proveniente da dieta pelos ruminantes (Patra e Saxena, 2009).

A diminuição na atividade microbiana e na degradação do substrato utilizado, resultante da redução no número de bactérias totais e celulolíticas no rúmen em resposta à inclusão de taninos na dieta, geralmente está associada a uma redução na produção de ácidos graxos voláteis (AGV) (Bhatta *et al.*, 2009; Castro-Montoya *et al.*, 2011; Ghasemi *et al.*, 2012). Nesse caso, essa diminuição na produção de AGV pode envolver alterações nas proporções dos principais AGV, como aumentos de acetato e diminuições de propionato (Animut *et al.*, 2008; Tan *et al.*, 2011), no entanto, outros estudos identificaram reduções no acetato ao utilizar taninos de Quebracho (*Schinopsis sp.*) (Beauchemin *et al.*, 2007) ou mimosa (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) (Castro-Montoya *et al.*, 2011), por exemplo.

Os taninos também inibem o crescimento de bactérias celulolíticas e proteolíticas (McSweeney *et al.*, 2001), um efeito correlacionado com o peso molecular. Por exemplo, taninos com baixo peso molecular têm maiores efeitos inibitórios sobre os micróbios do rúmen (Patra e Saxena, 2011).

Os taninos possuem propriedades antimicrobianas, capazes de inibir alguns microrganismos no ambiente ruminal. Estudos específicos indicaram que os taninos podem exercer efeitos bactericidas ou bacteriostáticos, inibindo o crescimento ou a atividade de metanógenos ruminais (Tan *et al.*, 2011), possivelmente através da ligação a proteínas e enzimas presentes nas células microbianas.

Conforme observado por McSweeney *et al.* (2001), esse composto desempenha um papel significativo na redução da produção de metano durante o processo de fermentação ruminal. Isso ocorre devido à natureza bacteriostática dos taninos. Os processos subjacentes que explicam a atividade antimicrobiana dos taninos incluem a formação de um complexo entre o tanino e a parede celular ou enzimas extracelulares produzidas por essas bactérias, logo, esse

complexo atua inibindo a passagem dos nutrientes necessários para o crescimento bacteriano para o interior celular.

Os compostos secundários também podem afetar adversamente as bactérias celulolíticas (Patra e Saxena, 2009), influenciando, assim, a fermentação anaeróbica de carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta, especialmente acetato, resultando na redução da formação necessária de CO₂ e H₂ para a metanogênese.

Taninos condensados parecem reduzir principalmente a produção de CH₄ pela diminuição da digestão das fibras (efeito indireto), enquanto os taninos hidrolisáveis agem aparentemente por meio da inibição direta de microrganismos produtores de metano e/ou hidrogênio (efeito direto) (Goel e Makkar, 2012).

A diversidade no tipo e na concentração de metabólitos secundários de plantas é considerável entre espécies de plantas, bem como entre variedades, ecótipos, cultivares, acessos ou plantas individuais da mesma espécie, e até mesmo entre diferentes partes da planta (Dorman e Deans, 2000; López *et al.*, 2006). Essa variabilidade está associada a fatores relacionados à planta, como características geneticamente determinadas, idade, maturidade, fenologia, além de influências ambientais, agronômicas e de processamento, como condições físicas de crescimento, práticas agrícolas, colheita e produção de fitoquímicos (López *et al.*, 2006). No caso de extratos vegetais, o solvente utilizado, sua diluição e as condições de extração, como tempo, temperatura e atmosfera, podem afetar a concentração e a atividade dos metabólitos secundários de plantas no extrato vegetal.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDULLAH, M.A.M.; FARGHALY, M.M.; YOUSSEF, I.M.I. Effect of feeding *Acacia nilotica* pods to sheep on nutrient digestibility, nitrogen balance, ruminal protozoa and rumen enzymes activity. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 102, 662–669, 2018.
2. ABREU, M. L. C.; VIEIRA, R. A. M.; ROCHA, N. S.; ARAUJO, R. P.; GLÓRIA, L. S.; FERNANDES, A. M. & JÚNIOR, A. G. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 2, p. 169, 2014.
3. AHMED, M.A.; JUSOH, S.; ALIMON, A. R.; EBRAHIMI, M.; & SAMSUDIN, A. A. Avaliação nutricional e antinutritiva de *Kleinhovia hospita*, *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* quanto aos seus efeitos na fermentação ruminal in vitro e na produção de gases. **Revista Tropical Animal Science**, v. 2, pág. 128-136, 2018.
4. AHNERT, S.; DICKHOEFER, U.; SCHULZ, F.; SUSENBETH, A. Influence of ruminal Quebracho tannin extract infusion on apparent nutrient digestibility, nitrogen balance, and urinary purine derivatives excretion in heifers. **Livestock Science**, v.177, [s.n.], p.63-70, 2015.
5. ALENCAR, J.A.; GUSS, A. Efeito do intervalo de corte sobre a produção de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) em Cunhã (*Clitoria termatea*, L.). **Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária**, Vitoria-ES, 2016.
6. ALVARADO, A.M.; AGUIRRE-BECERRA, H.; VÁZQUEZ-HERNÁNDEZ, M.C.; MAGAÑA-LOPEZ E.; PAROLA-CONTRERAS, I.; CAICEDO-LOPEZ, L.H.; CONTRERAS-MEDINA, L.M.; GARCIA-TREJO, J.F.; GUEVARA-GONZALEZ, R.G.; FERREGRINO-PEREZ, A.A. Influence of Elicitors and Eustressors on the Production of Plant Secondary Metabolites. In: Akhtar M., Swamy M., Sinniah U. (eds) **Natural Bioactive Compounds**. Springer, Singapore, 2019.
7. ANIMUT, G., PUCHALA, R., GOETSCH, A.L., PATRA, A.K., SAHLU, T., VAREL, V.H., WELLS, J. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Anim. Feed Sci. Technol.** 144, 212–227, 2008.
8. ANTWI-BOASIAKI, C., ANIMAPAUH, S. O. Tannin extraction from the barks of three tropical hardwoods for the production of adhesives. **J. Appl. Sci. Res.** 8 (6), 2959-2965, 2012.
9. ARAÚJO, E. J. B., PEREIRA, F. D. S., NUNES, T. S. S., CORDEIRO, A. E., SILVA, H. C., QUEIROZ, M. A. A., GOIS, G. C., RODRIGUES, R. T. S., & MENEZES, D. R. Nutritional value, feeding behavior, physiological parameters, and performance of crossbred Boer goat kids fed butterfly pea hay and cactus pear meal. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 20(2), e0603, 2022.
10. AVALOS, J. F. V; BUSTAMANTE GUERREIRO, J. J; RUBIO CEJA, J. V. Agrotecnia e utilización de *C. ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Revista Técnica Pecuaria en México*, v. 1, n. 42, p.79-96, 2004.

11. AZEVEDO, D. O.; SANTOS, D. B.; RODRIGUES, C. S.; SOUZA, J. A. A.; CARVALHO, C. M.; SILVA NETTO, L. G.; RIBEIRO, M. S.; BISPO, S. C. S. Produção da Cunchã Forrageira sob diferentes níveis de adubação fosfatada: Cunchã Forrage production under different levels of phosphate fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 9, p. 64114-64122, 2022.
12. AZEVÊDO, T. K. B. D., PAES, J. B., CALEGARI, L., & NASCIMENTO, J. W. B. D. Qualidade dos taninos de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) para a produção de adesivo tanino formaldeído. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 507-514, 2015.
13. BARBEHENN, R. V. & CONSTABEL, C. P. Tannins in plant-herbivore interactions. **Phyto-chemistry**, 72 (13), 1551-1565, 2011.
14. BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. & MARTHA JUNIOR, G.B. 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**, vol. 37, n. spe., p.51-67, 2008.
15. BHATTA, R., UYENO, Y., TAJIMA, K., TAKENAKA, A., YABUMOTO, Y., NONAKA, I., ENISHI, O., KURIHARA, M. Difference in the nature of tannins on in vitro ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenic archaea and protozoal populations. **J. Dairy Sci.** 92, 5512–5522, 2009.
16. BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; MARTINEZ, T.F.; MCALLISTER, T.A. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **J. Anim. Sci.** 85, 1990–1996, 2007.
17. BEAUCHEMIN, K.A., KREUZER, M., O'MARA, F., MCALLISTER, T.A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Aust. J. Exp. Agric.** 48, 21–27
18. BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. (Ed. 2). Jaboticabal, SP: Funep., 616p, 2011.
19. BODAS, R.; PRIETO, N., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., ANDRÉS, S., GIRÁLDEZ, F.J.; LÓPEZ, S. Manipulação da fermentação ruminal e produção de metano com metabólitos secundários vegetais. **Ciência e Tecnologia da Alimentação Animal**, v. 1-4, pág. 78-93, 2012.
20. BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Larissa. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, 2020.
21. Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G., Cabiddu, A. Lipid metabolism in the rumen: new insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Anim. Feed Sci. Technol.** 174, 1–25, 2012.
22. BUENO, I.C.S., VITTI, D.M.S.S., LOUVANDINI, H., ABDALLA, A.L. A new approach for in vitro bioassay to measure tannin biological effects based on a gas production technique. **Anim. Feed Sci. Technol.** 141, 153–170 2008.

23. BRAGA, Í.O.; CARVALHO DA SILVA, T.L.; BELO SILVA, V.N.; RODRIGUES NETO, J.C.; RIBEIRO, J.A.A.; ABDELNUR, P.V.; DE SOUSA, C.A.F.; SOUZA, M.T., JR. Deep Untargeted Metabolomics Analysis to Further Characterize the Adaptation Response of *Gliricidia sepium* (Walp.) to Very High Salinity Stress. *Front. Plant Sci.*, 13, 869105, 2022.
24. BRITO, G. S. M. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A. D. M.; PERAZZO, A. F.; & CAVALCANTI, H. S. Silagens mistas de palma forrageira e gliricídia: composição química, características fermentativas, população microbiana e estabilidade aeróbia. **Relatórios Científicos**, v. 10, n. 1, pág. 6834, 2020.
25. BRODERICK, G.A.; GRABBER, J.H.; MUCK, R.E.; HYMES-FECHT, U.C. Replacing alfalfa silage with tannin-containing birdsfoot trefoil silage in total mixed rations for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 100 (5), 3548–3562, 2017.
26. BULE, M.; KHAN, F.; NISAR, M.F.; NIAZ, K.; NABAVI, S.; SAEEDI, M.; SANCHES SILVA, A. Tannins (hydrolysable tannins, condensed tannins, phlorotannins, flavonoellagitannins). *Recent Adv. Nat. Prod. Anal.*, 3, 132–146, 2020.
27. CALADO, T.B.; CUNHA, M.V.; TEIXEIRA, V.I.; SANTOS, M.V.F.; CAVALCANTI, H.S.; LIRA, C.C. Morfologia e produtividade de genótipos de jureminha (*Desmanthus spp.*) sob diferentes intensidades de corte. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.742-752, 2016.
28. CALLAWAY, T.R.; EDRINGTON, T.S.; RYCHLIK, J.L.; GENOVESE, K.J.; POOLE, T.L.; JUNG, Y.S.; NISBET, D.J. Ionophores: their use as ruminant growth promotants and impact on food safety. *Curr. Issues Intest. Microbiol.* 4, 43–51, 2003.
29. CARREÑO, D., HERVÁS, G., TORAL, P.G., BELENGUER, A., FRUTOS, P. Ability of different types and doses of tannin extracts to modulate in vitro ruminal biohydrogenation in sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.** 202, 45–51, 2015.
30. CASTRO-MONTOYA, J.M.; Makkar, H.P.S.; Becker, K. Chemical composition of rumen microbial fraction and fermentation parameters as affected by tannins and saponins using an in vitro rumen fermentation system. *Can. J. Anim. Sci.* 91, 433–448, 2011.
31. CIAMPI, F., SORDILLO, L.M., GANDY, J.C., CAROPRESE, M., SEVI, A., ALBENZIO, M., SANTILLO, A. Evaluation of natural plant extracts as antioxidants in a bovine in vitro model of oxidative stress. **J. Dairy Sci** (in press), 2020.
32. COOK, B. G. et al. 2020. **Tropical Forages: An interactive selection tool**. 2nd and Revised Edn. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia and International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya. Disponível em: <https://www.tropicalforages.info/text/intro/citation.html>. Acesso em: 20 jun. 2024
33. COSTA, J.C.; FRACETTO, G.G.M.; FRACETTO, F.J.C.; SANTOS, M.V.F.; LIRA JÚNIOR, M.A. Genetic diversity of *Desmanthus* sp. accessions using ISSR markers and morphological traits. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.2, p.1-9, 2017.
34. CRUZ, S.E.S.B.S.; BEELEN, P.M.G.; SILVA, D.S.; PEREIRA, W.E.; BEELEN, R.; BELTRÃO, E.S. Caracterização dos taninos condensados das espécies maniçoba (*Manihot*

pseudoglazovii), flor de seda (*Calotropis procera*), feijão bravo (*Capparis flexuosa*, (L.) e jureminha (*Desmanthus virgatus*). **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1038-1044, 2007.

35. DAS, A. K.; ISLAM, M. N.; FARUK, M. O.; ASHADUZZAMAN, M., & DUNGANI, R. Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 58-70, 2020.

36. DINIZ NETO, M.A. VASCONCELOS, R.C.M.; CAVALCANTE, L.F.; PIMENTA FILHO, E.C.; SILVA, I.F. Disponibilidade hídrica de dois solos e diferentes idades de corte no comportamento agrônomo da Jureminha. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, 2013.

37. DORMAN, H.J.D.; DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **J. Appl. Microbiol.** 88, 308–316, 2000.

38. DUBEUX JR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MACEDO, I. M.; MUIR, J. P.; LIRA JR, M. A. Leguminosas Nativas. In: Santos, M. V. F.; Neiva, J. N. M. (Eds.). Culturas forrageiras no Brasil: uso e perspectivas. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, p.231-262, 2022. Disponível em: <https://www.ppgz.ufrpe.br/media/2/download>

39. DUBEUX, J. C. B.; BLOUNT, A. R. S.; MACKOWIAK, C.; SANTOS, E. R. S.; PEREIRA NETO, J. D.; RIVEROS, U.; GARCIA, L.; JARAMILLO, D. M.; RUIZ-MORENO, M. Biological N₂ fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, 57, n. 2, p. 1027-1038, 2017.

40. EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S.; SILVA, S. E. B.; ALBUQUERQUE, D. R.; PEREIRA, E. S.; BEZERRA, L. R.; SILVA, A. L. & ARAÚJO, M. J. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, 65(250), 166, 2016.

41. FAGUNDES, G.M.; BENETEL, G.; WELTER, K.C.; MELO, F.A.; MUIR, J.P.; CARRIERO, M.M.; SOUZA, R.L.M.; MEO-FILHO, P.; FRIGHETTO, R.T.S.; BERNDT, A.; BUENO, I.C.S. Tannin as a natural rumen modifier to control methanogenesis in beef cattle in tropical systems: friend or foe to biogas energy production? **Res. Vet. Sci.**, 2020.

42. FREITAS, A.D.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SANTOS, C.E.R.S. et al. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 344-349, 2010.

43. FRUTOS, P., Hervás, G., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. Review. Tannins and ruminant nutrition. **Span. J. Agric. Res.** 2, 191–202, 2004.

44. GHASEMI, S.; NASERIAN, A.A.; VALIZADEH, R.; TAHMASEBI, A.M.; VAKILI, A.R.; BEHGAR, M.; GHOVVATI, S., 2012. Inclusion of pistachio hulls as a replacement for alfalfa hay in the diet of sheep causes a shift in the rumen cellulolytic bacterial population. **Small Rumin. Res.** 104, 94–98, 2012.

45. GIANNOULIS, K. D.; BARTZIALIS, D.; SKOUFOGIANNI, E.; GINTSIOUDIS, I.; DANALATOS, N. G. Could a Legume–Switchgrass Sod-Seeding System Increase Forage Productivity? **Plants**, 11, n. 21, p. 2970-2970, 2022.
46. GIOVANDO, S., KOCH, G., ROMAGNOLI, M., PAUL, D., VINCIGUERRA, V., TAMANTINI, S. & MUGNOZZA, G. S. Spectro-topochemical investigation of the location of polyphenolic extractives (tannins) in chestnut wood structure and ultrastructure. **Industrial Crops and Products**, v. 141, p. 111767, 2019.
47. GOEL, G.; MAKKAR, H.P.S. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Trop. Anim. Health Prod.** 4, 729–739, 2012.
48. GOMEZ, S. M. & A. KALAMANI. Ervilha borboleta (*Clitoria ternatea*): Uma leguminosa forrageira nutritiva e multifuncional para os trópicos - uma visão geral. **Pacote. J. Nutr.** 2:374-379, 2003.
49. GRYGIER, A.; CHAKRADHARI, S.; RATUSZ, K.; RUDZINSKA, M.; PATEL, KS; LAZDIN, D.; GORNAS, P. Sete espécies subutilizadas da família Fabaceae com alto potencial para aplicação industrial como fontes alternativas de óleo e compostos bioativos lipofílicos. **Ind. Culturas Prod.**, 186, 115251, 2022.
50. HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants, **J. Agric. Food Chem.** 46 (5), 1887-1892, 1998.
51. HARIADI, H., KARIM, M.A., HANIFAH, U., HARYANTO, A., NOVRINALDI, SURAHMAN, D.N., HENDARWIN, ASTRO, M., ASSALAM, S., LUBIS, R.F.L. Effect of butterfly-pea powder (*Clitoria ternatea* L.) and drying temperature towards physicochemical characteristics of butterfly-pea milk powder with vacuum drying method. **Food Sci Technol**, 43:e109622, 2023.
52. HERREMANS, S.; VANWINDEKENS, F.; DECRUYENAERE, V.; BECKERS, Y.; FROIDMONT, E. Effect of dietary tannins on milk yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: a meta-analysis. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 104 (5), 1209–1218, 2020.
53. HONAN, M.; FENG, X.; TRICARICO, J.M.; KEBREAB, E. Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: Modes of action, effectiveness and safety. **Anim. Prod. Sci.**, 62, 1303–1317, 2021.
54. HRISTOV, A.N., OH, J., FIRKINS, J.L., DIJKSTRA, J., KEBREAB, E., WAGHORN, G., MAKKAR, H.P.S., ADESOGAN, A.T., YANG, W., LEE, C., GERBER, P.J., HENDERSON, B., TRICARICO, J.M. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **J. Anim. Sci.** 91, 5045–5069, 2013.
55. HUANG, Q.; LIU, X.; ZHAO, G.; HU, T.; WANG, Y. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Anim. Nutr.** 4 (2), 137–150, 2018.

56. HUANG, J., LI, Y., FU, C., CHEN, F., FU, Q., DAI, A., SHINODA, M., MA, Z., GUO, W., LI, Z., ZHANG, L., LIU, Y., YU, H., HE, Y., XIE, Y., GUAN, X., JI, M., LIN, L., WANG, S., YAN, H., WANG, G. Dryland climate change: recent progress and challenges. **Rev. Geophys.** 55, 719–778, 2017.
57. JAAFAR NF, RAMLI ME, SALLEH RM. Optimum extraction condition of *Clitoria ternatea* flower on antioxidant activities, total phenolic, total flavonoid and total anthocyanin contents. **Trop Life Sci Res**; 31(2):1–17, 2020.
58. JARAMILLO, D. M.; DUBEUX, J. C. B.; SOLLENBERGER, L.; MACKOWIAK, C.; VENDRAMINI, J. M. B.; DILORENZO, N.; QUEIROZ, L. M. D.; SANTOS, E. R. S.; GARCIA, L.; RUIZ-MORENO, M.; VAN SANTEN, E. Litter mass, deposition rate, and decomposition in nitrogen-fertilized or grass–legume grazing systems. **Crop Science**, 61, n. 3, p. 2176-2189, 2021.
59. JUMA, H. K.; ABDULRAZAK, S. A.; MUINGA, R. W.; AMBULA, M. K. Evaluation of clitoria, gliricidia and mucuna as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows. **Livestock Science**, v.103, p.23–29, 2006.
60. JUSOH S, NUR HAFIFAH CS. Nutritive value, palatability and selectivity of 10 different legume herbage by rabbits. **Malaysian J Anim Sci**; 21(2):69–75, 2018.
61. KASS, D.C.L.; SOMARRIBA, E. Traditional fallows in Latin America. **Agroforestry Systems**, v. 47, p. 13-36, 1999.
62. KU-VERA, J. C. et al. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. **Frontiers in Veterinary Science**, a584, 2020.
63. LAMBERS, H.; OLIVEIRA R.S. Biotic Influences: Parasitic Associations. In: **Plant Physiological Ecology**. Springer, Cham, 2019.
64. LAPIG, 2022. **Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento**. Disponível em: <<https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>>. Acesso em 04 de fev.
65. LÓPEZ, S.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; FERNÁNDEZ, M.; BODAS, R.; GONZÁLEZ, J.S. Medicinal plants as feed additives in animal nutrition. In: Singh, K.k., Govil, J.N., Ahmad, K., Sharma, R.Kr. (Eds.), *Recent Progress in Medicinal Plants*, vol. 15: Natural Products. Studium Press LLC, Houston, TX, USA, pp. 309–333, 2006.
66. MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G. DE & ARAUJO, A.R. **Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação**. In: Anais de Congresso, Ribeirão Preto, SP, Embrapa Gado de Corte. p. 158–181, 2014.
67. MACHADO, H. C.; CAMPOS, N. M.; SANTOS, C. A. P. Análise do desenvolvimento e da produção da cunhã em função de diferentes tipos de adubação orgânica. **Ciência Agrícola**, v. 19, n. 1, p. 25-36, 2021.

68. MAKKAR, H.P.S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Rumin. Res.** 49, 241–256, 2003.
69. MARTINS, A.F.; SALCEDO, I.H.; DE OLIVEIRA, F.P. et al. Physical, chemical, and microbiological properties of soil under different plant covers in the seridó desertification region in the Brazilian semiarid. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 43, p. 1-12, 2019.
70. MCSWEENEY, C.; PALMER, B.; BUNCH, R.; KRAUSE, D. Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. **J. Appl. Microbiol.** 90, 78–88, 2001.
71. MEDEIROS, A.S.; TEIXEIRA, V.I.; CAVALCANTI, C.P.L.; OLIVEIRA, E.N.; SILVA, S.L.F.; SANTOS, M.V. Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v.69, p.54-64, 2020.
72. MELLO, A. C. L.; ANGULO, A. M. H.; SILVA, P. H. F.; VOLTOLINI, T. V. Manejo de pastagens e capineiras. In: Santos, M. V. F. (Eds.). Pastagens tropicais: dos fundamentos ao uso sustentável. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, p.131-170, 2023. Disponível em: <https://www.ppgz.ufrrpe.br/publicacoes>
73. MESA-SIERRA, N.; ESCOBAR, F. & LABORDE, J. Appraising forest diversity in the seasonally dry tropical region of the Gulf of Mexico. **Revista mexicana de biodiversidade**, 91:913175, 2020.
74. MIN, B.R.; SOLAIMAN, S. Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: A review. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, 102, 1181–1193, 2018.
75. MIN, B.R., BARRY, T.N., ATTWOOD, G.T., MCNABB, W.C. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Anim. Feed Sci. Technol.** 106, 3–19, 2003.
76. MISTURA, C.; OLIVEIRA J.M.; SOUZA, T.C.; VIEIRA, P.A.S.; LIMA, A.R.S.; OLIVEIRA, F.A.; DOURADO, D.L.; SILVA, R.M. Adubação orgânica no cultivo da cunhã na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 581-594, 2010.
77. MONAGAS, M.; QUINTANILLA-LÓPEZ, J. E.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. et al. MALDI-TOF MS analysis of plant proanthocyanidins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.51, p.358-372, 2010.
78. MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 86:2010-2037, 2006.
79. MUIR, J.P.; DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos; MAPOSSE, I.C.; PITMAN, W.D.; BUTLER, T.J. Challenges to domesticating native forage legumes. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, v.2, p.94-96, 2014.

80. MUIR, J.P., PITMAN, W.D., FOSTER, J.L. Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: mission (nearly) impossible? **Grass Forage Sci.** 66: 301-315, 2011.
81. NAUMANN, H.D.; TEDESCHI, L.O.; ZELLER, W.E.; HUNTLEY, N.F. The role of condensed tannins in ruminant animal production: Advances, limitations and future directions. **Rev. Bras. Zootec.**, 46, 929–949, 2017.
82. NAUMANN, H. D.; TEDESCHI, L. O.; MUIR, J. P. et al. Effect of molecular weight of condensed tannins from warm-season perennial legumes on ruminal methane production in vitro. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.50, p.154-162, 2013.
83. NOBRE, I.D.S.; ARAÚJO, G.G.L.D.; SANTOS, E.M.; CARVALHO, G.G.P.D.; DE ALBUQUERQUE, I.R.R.; OLIVEIRA, J.S.D.; RIBEIRO, O.L.; TURCO, S.H.N.; GOIS, G.C.; SILVA, T.G.F.D.; ET AL. Cactus Pear Silage to Mitigate the Effects of an Intermittent Water Supply for Feedlot Lambs: Intake, Digestibility, Water Balance and Growth Performance. **Ruminants**, 3, 121–132, 2023.
84. NOZELLA, E. F. Determinação de tanino em plantas com potencial forrageiro para ruminantes. Dissertação de mestrado, USP-Piracicaba-SP, 2001.
85. NUNES, A.T.; CABRAL, D.L.V.; AMORIM, E.L.C. et al. Plants used to feed ruminants in semi-arid Brazil: A study of nutritional composition guided by local ecological knowledge. **Journal of Arid Environments**, v. 135, p. 96-103, 2016.
86. OGUIS, G. K. et al. Butterflay pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in plant Science**, v. 10, n. 1, p. 645, 2019.
87. OLIVEIRA, L. M. B. de; BEVILAQUA, C. M. L.; MORAIS, S. M. Plantas taniníferas e o controle de nematóides gastrintestinais de pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p. 1967-1974, 2011.
88. PATRA, A.K.; SAXENA, J. A review of the effect and mode of action of saponins on microbial population and fermentation in the rumen and ruminant production. **Nutr. Res. Rev.** 22, 204–219, 2009.
89. PATRA, A.K.; SAXENA, J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. **J. Sci. Food Agric.** 91, 24–37, 2011.
90. PEREIRA, R. J. & CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, n.4, p.146-152, 2012.
91. PRIOLO, A., BELLA, M., LANZA, M., GALOFARO, V., BIONDI, L., BARBAGALLO, D., SALEM, H.B., PENNISI, P. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. **Small Rumin. Res.** 59, 281–288, 2005.
92. RIBEIRO, K. G.; CHAVES, C. S.; COUTINHO, D. N.; CAMELO, D.; PEREIRA, O. G. Serrapilheira e Produção de Raízes em Pastagens Tropicais. In: Santos, M. V. F. (Eds.).

Pastagens tropicais: dos fundamentos ao uso sustentável. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, p. 355-386, 2023. Disponível em: <https://www.ppgz.ufrpe.br/publicacoes>

93. RODRIGUES, M. J. S. T. **Cinética da fermentação ruminal de dietas contendo leguminosas taniníferas**. 43p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, 2017.

94. RUSDY, M.; YUSUF, M.; ISMARTOYO. Utilização de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* como suplementos por cabras alimentadas com dieta basal de *Panicum maximum*. **Sanidade e produção animal tropical**, v. 52, p. 541-545, 2020.

95. SÁ MENDES, M. D. de. **Caracterização química e molecular de espécies das famílias Lamiaceae e Apiaceae da flora aromática de Portugal**. 59f. Dissertação (Mestrado em Biologia celular e Biotecnologia) – Universidade de Lisboa Lisboa, 2007.

96. SANTANA J. C. S.; MORAIS, J. Á. S.; SANTOS, M. A. S. A.; GURGEL A. L. C.; MUNIZ, E. N.; OLIVEIRA V. S. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia solicitada a diferentes períodos de fermentação. **Boletim de Indústria Animal**, 76:1–9, 2019.

97. SCHULTZE-KRAFT, R.; RAO, I.M.; PETERS, M.; CLEMENTS, R.J.; BAI, C. & LIU, G. "Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview". **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

98. SCHOFIELD, P., MBUGUA, D.M., PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Anim. Feed Sci. Technol.** 91 (1-2), 21–40, 2001.

99. SILVA, T. B. S. **Respostas produtivas e qualitativas de leguminosas forrageiras sob diferentes sistemas de cultivo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2022.

100. SILVA, M.J.S.; SILVA, D.K.A.; MAGALHÃES, A.L.R.; PEREIRA, K.P.; SILVA, É.C.L.; CORDEIRO, F.S. B.; NORONHA, C.T.; SANTOS, K.C. 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, n.3, p.402-416, 2017a.

101. SILVA, A.F.; FREITAS, A.D.S.; COSTA, T.L. et al. Biological nitrogen fixation in tropical dry forests with different legume diversity and abundance. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 107, p. 321-334, 2017b.

102. SILVA, M.D.A.; CARNEIRO, M.S.D.S.; PINTO, A.P. et al. Evaluation of the chemical composition of woody forage silages of the Brazilian semiarid. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 571- 578, 2015.

103. SHARMA, K. P. Tannin degradation by phytopathogen's tannase: a Plant's defense perspective. **Biocatal. Agric. Biotechnol.** 21, 2019.

104. SOLDADO, D.; BESSA, R.J.B.; JERÓNIMO, E. Condensed tannins as antioxidants in ruminants—Effectiveness and action mechanisms to improve animal antioxidant status and oxidative stability of products. **Animals**, 11, 3243, 2021.

- 105.SOSA-MONTES, E.; FLUENTE, J.I.A.; PRO-MARTINEZ, A.; GONZÁLEZ-CÉRON, F.; ENRÍQUEZ-QUIROZ, J.F.; TORRES-CARDONA, M.G. Chemical composition and digestibility of four Mexican tropical legumes. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 11, n. SPE24, p. 211-220, 2020.
- 106.SOUZA, R.T.A.; SILVA, D.K.A.; SANTOS, M.V.F.; NAUMANN, H.D.; MAGALHÃES, A.L.R.; ANDRADE, A.P. Association of edaphoclimatic characteristics and variability of condensed tannin content in species from Caatinga. **Revista Ciência Agronômica**. v.51, p. e20196611, 2020.
- 107.SUARNA, W.; WIJAYA, M. S. Ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.: Fabaceae) e suas variações morfológicas em Bali. **J Trop Biodiv Biotecnologia**, 6(2):e63013, 2021.
- 108.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.
- 109.TAN, H. Y., SIEO, C. C., LEE, C. M., ABDULLAH, N., LIANG, J. B., HO, Y. W. Journal Pre-proof Journal Pre-proof Diversity of bovine rumen methanogens in vitro in the presence of condensed tannins, as determined by sequence analysis of 16S rRNA gene library. **The J. Microbiol.** 49, 492-498, 2011.
- 110.TEDESCHI, L.O.; CALLAWAY, T.R.; MUIR, J.P.; ANDERSON, R.C. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. **Rev. Bras. Zootec.**, 40, 291–309, 2011.
- 111.TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L.A.; REZENDE, A. V.; SILVA, N. C. D. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, p. 305-313, 2019.
- 112.WAFAEY, A. A.; EL HAWARY, S. S. E.; KIROLLOS, F., & ABDELHAMEED, M. F. An overview on *Gliricidia sepium* in the pharmaceutical aspect: a review article. **Egyptian Journal of Chemistry** 66(1):479-496, 2023.
- 113.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.
- 114.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. **J Sci Food Agric**. 88:1060-1067, 2008.
- 115.YANG, K.; WEI, C.; ZHAO, G.Y.; XU, Z.W.; LIN, S.X. Effects of dietary supplementing tannic acid in the ration of beef cattle on rumen fermentation, methane emission, microbial flora and nutrient digestibility. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 101 (2), 302–310, 2017.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Avaliar a inclusão de níveis de extrato de tanino condensado purificado de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) sobre a cinética de fermentação, utilizando dietas contendo leguminosas forrageiras.

3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar a composição químico-bromatológica e fracionamento de compostos nitrogenados das leguminosas Cunhã (*Clitoria ternatea* (L.), Gliricídia (*Gliricidia sepium*) e Jureminha (*Desmanthus perambucanus* (L.) Thell).
- b. Quantificar as frações de taninos condensados da casca da Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) através da metodologia do HCl-Butanol e Fenóis Precipitáveis por Proteína (PPP).
- c. Determinar o ensaio da digestibilidade *in vitro* da matéria seca de dietas contendo leguminosas com adição de níveis de tanino condensado purificado de Jurema preta.
- d. Determinar a degradabilidade *in vitro* da matéria seca de dietas contendo leguminosas com adição de níveis de tanino condensado purificado de Jurema preta.
- e. Mensurar a cinética de produção de gás *in vitro* de dietas contendo leguminosas com adição de níveis de tanino condensado purificado de Jurema preta.

CAPÍTULO II

Adição de taninos condensados purificados de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) como aditivo em dietas compostas por diferentes leguminosas forrageiras do Semiárido

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do extrato de TC de *Mimosa tenuiflora* em dietas contendo diferentes leguminosas sobre a digestibilidade, degradabilidade e produção de gases *in vitro*. Sete níveis de inclusão do extrato foram testados em dietas compostas por 65% de volumoso e 35% de concentrado. A degradação da matéria orgânica e dos produtos da fermentação ruminal foi avaliada utilizando a técnica de produção de gases *in vitro* semiautomática. A DIVMS foi estimada pela técnica de dois estágios e a degradabilidade foi estimada através do primeiro estágio da técnica citada. As espécies avaliadas apresentaram teores de PB acima de 230 g/kg de MS, com a cunhã destacando-se pelos maiores teores de PB e fração A da proteína. A gliricídia e jureminha mostraram maior concentração da fração B1 + B2 de proteína, enquanto a fração C foi maior na jureminha. Houve interação entre as fontes de proteína e os níveis de tanino condensado para a produção total de gás, mas não para os parâmetros de degradabilidade. A dieta com gliricídia demonstrou alta digestibilidade, independentemente da adição de TC, seguida pela cunhã. A adição de tanino condensado reduziu linearmente a digestibilidade das dietas, sendo que a jureminha apresentou a menor digestibilidade. A gliricídia mostra potencial como fonte de proteína sem a necessidade de adição de taninos, enquanto a inclusão do extrato de tanino condensado de jurema preta resultou em redução nas taxas de degradação ruminal. Conclui-se que não é necessário aumentar ainda mais a concentração de taninos em plantas naturalmente ricas nesses compostos.

Palavras-chave: Compostos secundários; digestibilidade; fracionamento; leguminosas forrageiras; produção de gás *in vitro*.

ABSTRACT

The aim was to evaluate the effect of *Mimosa tenuiflora* CT extract in diets containing different legumes on digestibility, degradability and *in vitro* gas production. Seven levels of extract inclusion were tested in diets consisting of 65% roughage and 35% concentrate. The degradation of organic matter and rumen fermentation products was assessed using the semi-automatic *in vitro* gas production technique. DIVMS was estimated using the two-stage technique and degradability was estimated using the first stage of the aforementioned technique. The species evaluated had CP contents above 230 g/kg DM, with cunhã standing out for its higher CP and protein fraction A contents. Gliricidia and jureminha showed a higher concentration of the B1 + B2 fraction of protein, while the C fraction was higher in jureminha. There was an interaction between protein sources and condensed tannin levels for total gas production, but not for degradability parameters. The gliricidia diet showed high digestibility, regardless of the addition of CT, followed by cunhã. The addition of condensed tannin linearly reduced the digestibility of the diets, with jureminha showing the lowest digestibility. Gliricidia shows potential as a protein source without the need to add tannins, while the inclusion of condensed tannin extract from jurema preta resulted in a reduction in rumen degradation rates. It is concluded that it is not necessary to further increase the concentration of tannins in plants naturally rich in these compounds.

Key-words: Secondary compounds; digestibility; fractionation; forage legumes; *in vitro* gas production.

1. INTRODUÇÃO

Estudos têm explorado o potencial dos extratos vegetais como promotores de crescimento e alternativas naturais (Santos *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2019). Os taninos, em especial os chamados taninos condensados (TC), estão amplamente presentes em forrageiras leguminosas, que possuem grande importância nutricional e são consumidas com frequência por ruminantes (Huang *et al.*, 2018), apresentando-se como uma alternativa viável para a suplementação proteica e o fornecimento de metabólitos secundários.

Esses taninos são compostos que podem aprimorar a utilização do nitrogênio e a eficiência da conversão alimentar, além de influenciar os perfis de ácidos graxos de produtos de origem animal, reduzir a emissão de metano, influenciar no aumento do fluxo de proteína ruminal, diminuição da proteólise e aumento da eficiência da síntese microbiana em ruminantes (Santos *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2019; Hartinger *et al.*, 2018).

Concentrações de TC consideradas baixas a moderadas (até 5% da MS) em dietas de ruminantes são associadas ao aumento do fluxo pós-ruminal de nitrogênio não amoniacal, esse efeito decorre da habilidade dos taninos em formar complexos reversíveis com proteínas alimentares, proporcionando proteção contra a degradação ruminal e, conseqüentemente, elevando o suprimento de proteína aos animais (Santos *et al.*, 2021).

Por outro lado, é importante destacar que concentrações elevadas de taninos condensados também podem acarretar efeitos adversos. Portanto, é crucial compreender as interações entre TC-proteínas, bem como seu impacto nos sistemas biológicos. O fornecimento excessivo desses taninos pode resultar em efeitos antinutricionais, uma vez que reduzem a palatabilidade e a digestibilidade da ração (Zeller, 2019), afetando, por conseguinte, o crescimento e o desempenho dos animais.

A manipulação do ambiente ruminal tem sido alvo dos estudos para aprimorar o aproveitamento dos nutrientes e minimizar a perda de energia. Uma alternativa para a regulação da fermentação e metabolismo ruminal que vem sendo estudada é a incorporação de taninos como fontes alimentares (Fonseca *et al.*, 2023).

A inclusão de aditivos fitogênicos, como os taninos, em dietas de ruminantes tem o potencial de otimizar a utilização de proteínas, através da modulação da fermentação ruminal, resultando em uma melhoria na eficiência de conversão alimentar e no desempenho produtivo dos animais. No entanto, recomenda-se uma investigação mais aprofundada para determinar se a inclusão de taninos em dietas contendo forrageiras taniníferas é vantajosa ou não, levando em consideração os potenciais benefícios e possíveis impactos no ambiente ruminal e nas respostas produtivas dos ruminantes.

Dessa maneira, visando aprimorar a eficiência na utilização de nutrientes e incorporando taninos como fontes alimentares, objetivou-se com esse estudo, avaliar a inclusão de níveis de extrato de tanino condensado purificado de Jurema Preta, utilizando dietas com diferentes leguminosas forrageiras, sob digestibilidade, degradabilidade e produção de gases *in vitro*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal e Produção de Gases da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Garanhuns-PE, mesorregião do Agreste Pernambucano, entre a latitude 08° 53' 25" S e longitude 36° 29' 34" W, abrangendo uma área total de 458,552km², com umidade relativa de 80% e temperatura média de 22,55°C (INMET, 2023).

O clima é classificado como tropical tipo Aw' conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013), com temperatura média anual de 21,2 °C, regime de chuvas do outono a inverno, caracterizado por verões quentes e secos e invernos amenos e úmidos. A precipitação anual histórica média de 53 anos do município foi de 866 mm (Barbosa *et al.*, 2016).

2.2 Coleta do material vegetal

As amostras das leguminosas foram coletadas na Fazenda Didática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Garanhuns-PE, sendo coletadas quatro amostras de três espécies de leguminosas: Cunhã (*Clitoria ternatea* (L.)), Gliricídia (*Gliricidia sepium*) e Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell)

As leguminosas cunhã e jureminha foram plantadas sob espaçamento de 1,0 x 0,5 m e densidade de plantio de 20.000 plantas ha⁻¹. Foram realizados tratos culturais indicados para cada cultura, com adubação orgânica de fundação com 20 Mg de esterco bovino.ha⁻¹ e capinas manuais periódicas. A gliricídia, assim como as demais espécies, foi coletada do banco de proteína, sendo o espaçamento entre plantas na linha de 2,0 m.

Foram coletadas folhas com hastes, com até cinco mm de espessura, sendo realizada de maneira intercalada, ao redor do perímetro da planta. No que se refere a uniformização das espécies colhidas, definiu-se a colheita de plantas que estivessem em estágio vegetativo, com presença de folhas com folíolos separados e completamente abertos, com ausência de folhas senescentes, flores e frutos. Padronizou-se a coleta das espécies por meio da observação e mensuração da altura da planta, largura e diâmetro do caule, apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Variação morfológica de espécies forrageiras de leguminosas.

Itens	Cunhã	Gliricídia	Jureminha
Altura da planta	44,25 cm	3,0 m	78,75 cm
Largura da planta	86,13 cm	3,0 m	168,38 cm

Diâmetro do caule	2,05 mm	*50 cm = 6,1 *100 cm = 5,3	2,98 mm
-------------------	---------	-------------------------------	---------

*Mensuração do diâmetro do caule na altura de 50 e 100 cm do solo

O extrato de tanino condensado purificado, foi proveniente do caule da espécie Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret), sendo colhida aleatoriamente, cascas de cinco plantas. A espécie foi coletada em área da Caatinga, adjacente à fazenda experimental, com distância aproximada entre uma planta e outra de 20 m.

Para a coleta das amostras de cascas, foram retiradas as porções externas do caule, com o devido cuidado para não atingir o câmbio vascular da planta, retirando-se fragmentos com o auxílio de uma espátula de aço, de maneira intercalada ao redor do perímetro da planta. Por fim, as amostras foram identificadas individualmente e acondicionadas em sacos plásticos escuros, devidamente fechados em caixas térmicas contendo gelo, para a estabilização das reações de ligação entre os taninos condensados com a proteína e fibra das cascas.

Padronizou-se também, a circunferência do perímetro dos caules através da observação das plantas existentes na área, em duas alturas de 50 e 100 cm do solo, apresentando perímetro de 9,18 e 7,48, respectivamente.

2.3 Análise de composição químico-bromatológica

Depois das coletas das leguminosas, as amostras foram processadas e posteriormente realizada a pré-secagem, em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho de facas tipo Willye (TECNAL, TE-650) com peneiras de crivos de 1mm para as análises de composição química e 2mm para os ensaios de digestibilidade e cinética de degradação e produção de gases *in vitro*.

As variáveis da composição químico-bromatológica foram: matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942,05), matéria mineral (MM) (942.05), proteína bruta (PB) (954.01) e extrato etéreo (EE) (920.39) (Sohxlet) foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram desenvolvidas conforme metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991), com modificações propostas por Senger *et al.* (2008), na qual foi utilizada autoclave a uma temperatura de 110 °C por 40 minutos.

Para determinação da lignina, os resíduos da FDA foram imersos em ácido sulfúrico a 72%, visando à solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA),

conforme metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991). As frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas por meio das seguintes equações: $HEM = FDN - FDA$ e $CEL = FDA - LDA$, respectivamente:

2.4 Fracionamento de compostos nitrogenados

No que se refere ao fracionamento da proteína, inicialmente foram obtidos os teores de nitrogênio não proteico, correspondente a fração A (amônia, peptídeos, aminoácidos), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), utilizando-se metodologia descrita por Licitra *et al.* (1996). A fração B1 refere-se proteína solúvel rapidamente degradada no rúmen, já a fração B2, consiste em proteína insolúvel com taxa de degradação intermediária, sendo obtida através da equação:

$$B1 + B2 = 100 - (A + B3 + C)$$

A fração B3, consiste na proteína lentamente degradada no rúmen, obtida pela diferença entre o PIDN e o PIDA. A fração C é caracterizada pela proteína insolúvel indigestível no rúmen e no intestino, conhecida como PIDA.

2.5 Taninos condensados

As amostras da casca da Jurema preta, foram transportadas ao laboratório onde foram secas à temperatura de 40°C, em estufa com circulação forçada de ar por 72h. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willye (TECNAL, TE-650) em granulometria de 1 mm para a realização das de taninos condensados. O material moído foi armazenado em potes plásticos hermeticamente fechados, identificados e conservados em freezer.

Para a quantificação de taninos condensados purificados, foram utilizados o método do butanol-HCl (Terrill *et al.*, 1992) e o método da proteína precipitável (PPP) ou método BSA (Hagerman e Butler, 1978).

A quantificação das frações dos taninos condensados da cunhã, gliricídia e jureminha, foram realizadas utilizando o método do butanol-HCl, o resultado foi utilizado com base na equação de regressão da curva-padrão, feita por meio do tanino condensado purificado de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret). A concentração total em TC foi obtida pela soma das frações e ligada ao resíduo.

As curvas de calibração específica pelo método butanol-HCl para estimar a concentração da fração de taninos condensados solúveis (ECT), foram analisadas pela equação de regressão: $Y = 31,467x - 2,2916$ ($R^2 = 0,9861$). E para a concentração de taninos condensados ligado à proteína (PBCT) e fibra (FBCT), analisadas pela seguinte equação de regressão: $Y =$

$98,284x - 2,5708$ ($R^2 = 0,962$). A Jurema Preta apresentou ECT de 462,6 g/kg de MS, PBCT de 122,3 g/kg de MS, FBCT de 16,40 g/kg de MS e TCT de 617,50 g/kg de MS.

E a curva de calibração específica pelo método PPP da Jurema Preta, para estimar a concentração de taninos condensados totais, obteve a seguinte equação de regressão: $Y = 1,4181x - 0,1641$ ($R^2 = 0,9567$). O valor obtido pelo método PPP da Jurema Preta foi de 423,89 g/kg.

2.6 Ensaios *in vitro* de digestibilidade, degradabilidade e cinética de produção de gases

Para realização dos ensaios *in vitro*, foram formuladas três dietas utilizando-se como fonte de proteína diferentes leguminosas: cunhã, gliricídia e jureminha. As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007) para atender as exigências nutricionais de ovinos em crescimento com ganho de peso de 300g/dia contendo aproximadamente 16% e 70% de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais respectivamente. Para as avaliações foram adicionados sete níveis de tanino condensado purificado de Jurema Preta (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 g/kg MS). A proporção e composição dos ingredientes das dietas experimentais é apresentada na Tabela 2 e a composição químico-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais na Tabela 3.

Tabela 2. Proporção e composição dos ingredientes das dietas experimentais.

Ingredientes (g/kg MS)	Dietas		
	Cunhã	Gliricídia	Jureminha
Cunhã	300,00		
Gliricídia		300,00	
Jureminha			300,00
Milho moído	230,00	230,00	230,00
Farelo de soja	100,0	100,0	100,0
Palma OEM	250,0	250,0	250,0
Feno de capim Tifton	100,0	100,0	100,0
Ureia pecuária	10,0	10,0	10,0
Sal mineral	10,0	10,0	10,0
Composição químico-bromatológica da dieta			
	Cunhã	Gliricídia	Jureminha
g/kg MS			
MS g/kg MN	264,8	268,5	320,2
PB	224,87	190,70	195,71
NDT	72,3	723,0	704,5
FDNcp	234,4	228,5	250,1
FDA	125,5	126,6	154,3
LDA	32,3	48,5	75,4

Palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM); MS = Matéria seca; MN= Matéria Natural; PB = Proteína bruta; NDT = Nutrientes digestíveis totais; FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; LDA = Lignina digerida em ácido.

Tabela 3. Composição químico-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.

Ingredientes (g/kg MS)	Nutrientes							
	MS	MO	MM	PB	EE	FDNcp	FDA	LDA
Cunhã	252,6	919,3	80,6	350,6	21,6	263,9	177,5	53,1
Gliricídia	263,1	939,9	60,0	236,7	24,3	270,4	164,5	105,9
Jureminha	508,1	944,9	55,0	253,4	18,4	316,2	273,3	196,9
Milho moído	863,3	981,6	18,3	90,13	61,4	98,2	29,5	7,12
Farelo Soja	874,5	932,5	67,4	485,9	20,7	134,5	80,5	12,4
Palma OEM	94,1	878,9	121,0	43,2	21,9	201,6	84,84	2,24
Feno Tifton	882,2	927,4	72,5	115,7	18,96	628,9	411,8	71,9
Ureia pecuária	99,0			2800,0				
Sal mineral	99,0		97,3					

Porcentagem de participação dos ingredientes: Cunhã, Gliricídia e Jureminha (30%); Farelo de Soja (10%); Milho (23%); Palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM) (25%); Feno de capim Tifton (10%); Ureia (1%) e Sal mineral (1%). MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta; EE = Extrato Etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; LDA = Lignina digerida em ácido.

2.7 Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

O ensaio de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, foi desenvolvida de acordo com a metodologia de dois estágios, descrita por Tilley e Terry (1963), com modificações propostas por Holden (1999), por meio de incubações de 1 g de amostra em frascos de vidro de 160 mL, com 80 mL de solução tampão (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 20 mL de líquido ruminal coletado de um bovino fistulado no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente gás carbônico (CO₂) para manter o meio anaeróbico, por 48 horas de incubação em estufa a 39°C (estágio da fermentação ruminal). Após esse período, foram adicionados em cada frasco 2 mL de ácido clorídrico (HCl) (6 Molar) e 1 mL de pepsina (0,4g de pepsina/mL de solução), após o período de mais 24 horas de incubação (estágio da digestão química), foram realizados os procedimentos de filtragem a vácuo em cadinhos filtrantes, em seguida foram secos em estufa a 105°C, para posterior pesagem dos resíduos.

2.8 Degradabilidade *in vitro* da matéria seca

A degradabilidade foi determinada de acordo com o primeiro estágio da metodologia de Tilley e Terry (1963) através de incubações *in vitro* de 600 mg de amostra seca ao ar, com 60 mL de solução tampão (combinação das soluções A + B com pH 6,8) e 15 mL de inóculo coletado de um bovino fistulado no rúmen, filtrado em quatro camadas de gaze, injetando constantemente CO₂ para manter o meio anaeróbico. Foi utilizada como material do saquinho (4,0 x 5,0 cm) o tecido não-tecido (TNT – 100 g/m²) de 50 micras de diâmetro (Casali *et al.*, 2008).

Incubou-se nos tempos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 e 48 horas, as amostras do tempo zero passaram apenas por lavagem com água destilada a 39°C, os demais tempos foram incubados no fermentador *in vitro* Tecnal (modelo TE-150), com temperatura de 39°C e agitação constantes.

Atingindo-se o tempo de incubação, cessou-se a fermentação microbiana com banho de gelo e posteriormente as amostras foram mantidas em estufa de 105°C por 12 horas, antes da pesagem final. Por diferença obteve-se a degradação da matéria seca de acordo com o horário de incubação.

Para estimar os parâmetros de degradação *in vitro* (a, b e c) e a degradabilidade potencial da matéria seca, foram estimados utilizando o modelo proposto por Ørskov & McDonald (1979):

$$Dp = a + b (1 - e^{-ct})$$

Onde: Dp = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo t; a = é a fração rapidamente solúvel; b = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado; c = taxa de degradação por ação fermentativa da fração b. Uma vez calculados os parâmetros a, b e c, estes foram aplicados à equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) para determinar a degradabilidade efetiva de cada alimento de acordo com as taxas de passagem: $DE = a + ((b * c) / (c + k))$ Em que: DE = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen (0,02, 0,05 e 0,08 h⁻¹).

2.9 Cinética de produção de gás *in vitro*

Para a produção de gases, foi utilizada a técnica *in vitro* utilizando o transdutor de pressão, proposta por Theodorou *et al.* (1994). A produção cumulativa de gases foi estimada através da mensuração da pressão dos gases produzidos no decorrer do processo fermentativo, utilizando-se transdutor de pressão (LOGGER AG100 - Agricer), nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72 e 96h pós incubação.

As amostras foram incubadas em frascos (160 mL) com 1 g de amostra, juntamente com 90 mL de meio nutritivo de Goering e Van Soest (1970), injetados CO₂ constantemente e 10 mL de inóculo ruminal. Em seguida, os frascos foram vedados com rolhas de borracha e vedados com lacres de alumínio. Os frascos foram incubados em uma estufa com temperatura constante de 39 °C e agitações manuais dos frascos a cada hora.

Os dados são obtidos em pressão (psi = pressão por polegada) e foram convertidos em volume de gás produzido durante a incubação, considerando as seguintes coordenadas geográficas do local de incubação (-8° 90' 77" S, -36° 49' 49" W, altitude de 844 metros).

Para determinação dos parâmetros de produção de gás, foi utilizado o modelo logístico bicompartimental (Schofield *et al.*, 1994):

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1+e[2-4k_1(t-\lambda)]} + \frac{V_{f2}}{1+e[2-4k_2(t-\lambda)]} + c$$

Onde, V_{t1} = volume (mL/g MS) total observado, V_{t2} = volume (mL/g MS) total encontrado a partir do modelo, V_{f1} = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), V_{f2} = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação, de lenta degradação, k_1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF), k_2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF), t = tempo de fermentação, λ = Lag time, e = exponencial e ϵ = erro experimental associado a cada observação.

2.10 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 7x3, com adição de sete níveis de tanino condensado purificado de Jurema preta em três dietas compostas por diferentes leguminosas forrageiras.

Os dados foram submetidos à análise de variância e o efeito dos níveis de inclusão de tanino, por meio da análise de regressão em contraste polinomial, utilizando o procedimento PROC GLM e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2002). Utilizando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + D_i + N_j + (DN)_{ij} + e_{ijk}$, onde: Y_{ijk} = valor observado para a característica analisada; μ = média geral; D_i = efeito das dietas experimentais; N_j = efeito dos níveis de inclusão de tanino j ; $(DN)_{ij}$ = efeito de interação entre ($D_i \times N_j$); e_{ijk} = erro experimental associado à Y_{ijk} .

Para estimar os parâmetros de degradação e cinética de produção de gases *in vitro*, foram estimados com o auxílio do procedimento *Non-Linear* (PROC NLIN) do programa estatístico SAS.

Para análise da composição químico-bromatológica e fracionamento de compostos nitrogenados das leguminosas forrageiras, foi utilizado o delineamento inteiramente

casualizado, onde os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento *General Linear Model* (PROC GLM) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, onde: Y_{ij} = valor observado para a característica analisada; μ = média geral; T_i = é o efeito do tratamento i (leguminosas analisadas); e_{ij} = erro experimental associado à Y_{ij} .

3. RESULTADOS

Composição químico-bromatológica

O teor de MS foi maior ($P < 0,05$) para jureminha (508,19 g/kg MN), do que para as leguminosas cunhã e gliricídia, que não diferiram entre si (Tabela 4). Observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre as espécies, para composição de MM, com maiores proporções observadas na cunhã e MO com maiores proporções na gliricídia e jureminha, que não diferiram estatisticamente. As maiores concentrações de PB foram encontradas na espécie cunhã, diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) da gliricídia e jureminha.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as variáveis de EE, FDNcp, CIDN, PIDN, HEM e CEL entre as leguminosas avaliadas.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) nas concentrações de FDA, observando que as maiores concentrações foram encontradas na jureminha, não diferindo entre cunhã e gliricídia. A menor proporção de LDA ($P < 0,05$) foi observada para a cunhã, seguida da gliricídia e jureminha apresentou o maior percentual.

Na variável CHOT, houve diferença significativa ($P < 0,05$), em que as maiores concentrações foram encontradas na gliricídia e jureminha. Entretanto, também houve diferença significativa ($P < 0,05$) para o CNF, e as mesmas espécies apresentaram maiores teores desse nutriente.

No que se refere as quantificações de tanino, houve diferença significativa para todas as variáveis ($P < 0,05$), sendo ECT, PBCT, FBCT e TCT. O ECT obteve maior concentração na jureminha, seguido da gliricídia e em contrapartida, a cunhã obteve o menor percentual. O PBCT obteve a maior concentração na gliricídia e a menor na cunhã. No FBCT a maior concentração foi na jureminha e o menor na cunhã. Com relação ao TCT, as maiores concentrações observadas foram na jureminha e gliricídia que não diferiram entre si, em contrapartida, a cunhã apresentou o menor percentual entre as espécies.

Tabela 4. Composição químico bromatológica das leguminosas.

Nutrientes (g.kg ⁻¹ MS)	Leguminosas			EPM	P – Valor
	Cunhã	Gliricídia	Jureminha		
MS ¹	252,6 b	263,12 b	508,19 a	2,54	<.0001
MM ²	80,67 a	60,03 b	55,02 b	2,54	<.0001
MO ²	919,31 b	939,97 a	944,98 a	2,54	<.0001
PB ²	350,65 a	236,73 b	253,465 b	10,97	<.0001
EE ²	24,31 a	21,68 a	18,47 a	2,53	0,6637
FDNcp ²	263,94 a	270,48 a	316,19 a	12,73	0,1973
CIDN ²	2,5025 a	2,9025 a	2,9825 a	0,28	0,7950

PIND ³	299,73 a	202,98 a	264,27 a	21,67	0,1895
FDA ²	177,53 b	164,57 b	273,37 a	0,28	0,0312
LDA ²	53,13 c	105,93 b	196,97 a	18,53	<.0001
HEM ²	264,51 a	139,57 a	179,67 a	22,90	0,0573
CEL ²	85,19 a	103,99 a	81,12 a	11,30	0,7194
CHOT ²	546,98 b	678,93 a	673,03 a	18,91	<.0001
CNF ¹	283,04 b	408,45 a	356,83 ab	20,03	0,0162
ECT ²	37,68 c	75,10 b	171,98 a	20,10	<.0001
PBCT ²	23,32 c	497,41 a	279,42 b	70,28	0,0001
FBCT ²	0,33 c	17,77 b	38,17 a	5,49	<.0001
TCT ²	61,32 b	489,57 a	590,28 a	82,46	<.0001

¹g/kg de matéria natural (MN); ²g/kg MS; ³g/kgPB; MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta; EE = Extrato Etéreo; FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; CIDN = cinzas insolúveis em detergente neutro; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; LDA = Lignina digerida em ácido; HEM = Hemicelulose; CEL = Celulose; CHOT = Carboidratos totais; CNF= Carboidratos não fibrosos; ECT = Tanino condensado solúvel; PBCT e FBCT = tanino condensado ligado a proteína e fibra; TCT = Tanino condensado total. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fracionamento de compostos nitrogenados

No que se refere ao fracionamento dos compostos nitrogenados (Tabela 5), houve diferença significativa (P <0,05), em que as maiores quantidades da fração A, foram encontradas na cunhã, não diferindo entre gliricídia e jureminha. Com relação a fração B1+B2, também houve diferença significativa (P <0,05), em que a gliricídia e jureminha apresentou maiores concentrações dessa fração, seguida da cunhã. Não houve efeito significativo (P>0,05) para a fração B3 entre as leguminosas avaliadas. A fração proteica C, apresentou diferença significativa (P <0,05), em que a jureminha se destacou das demais espécies, seguida da gliricídia e cunhã, que não diferiram entre si.

Tabela 5. Fracionamento de compostos nitrogenados de leguminosas forrageiras.

Variáveis (g/kg PB)	Leguminosas forrageira			EPM	P – Valor
	Cunhã	Gliricídia	Jureminha		
Fração A	30,103 a	23,058 b	22,875 b	1,166	0,001
Fração B1+B2	58,990 b	69,575 a	67,443 a	1,609	0,002
Fração B3	9,975 a	6,453 a	8,253 a	0,810	0,219
Fração C	0,935 b	0,912 b	1,430 a	0,086	0,004

Fração A = Nitrogênio não proteico; Fração B1+B2 = fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; Fração B3 = fração nitrogenada de lenta degradação e Fração C = fração nitrogenada indisponível. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Degradabilidade e digestibilidade *in vitro*

Com relação aos parâmetros de degradação, não houve efeito significativo (P >0,05) de interação entre as dietas e os níveis de inclusão de tanino em nenhuma das variáveis. Em relação as dietas experimentais, houve efeito significativo apenas para DE (0,05g/h) (Tabela 6). Em

contrapartida, foi observado diferença significativa com relação aos níveis de extrato de tanino adicionado nas dietas, exceto para o parâmetro “c” (%/h).

No entanto, verificou-se efeito isolado dos níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), com relação ao parâmetro “a” fração rapidamente solúvel, em que não houve influência dos níveis de inclusão de tanino entre as dietas, observando comportamento linear decrescente à medida em que aumentou o nível de inclusão. Também foi observado efeito isolado dos níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), com relação ao parâmetro “b” em que as dietas experimentais da cunhã e gliricídia apresentaram comportamentos similares, já para a dieta da jureminha, houve influência da inclusão dos taninos, mostrando efeito linear decrescente.

Com relação a degradação efetiva com taxa de lenta degradação, foi observado efeito isolado para os níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), observando comportamento semelhante entre as três dietas até o nível de 15 g/kg, à medida em que aumentava a inclusão de tanino, houve efeito linear decrescente. A degradação efetiva com taxa de média degradação (0,05g/h), também foi observado efeito isolado da dieta e dos níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), em que a jureminha apresentou menor taxa de degradação, se comparado as demais dietas, que não diferiram entre si. Já com relação aos níveis de inclusão, comportamento semelhante a degradação efetiva com taxa de lenta degradação (0,02g/h). A degradação efetiva com taxa de rápida degradação (0,08g/h), obteve efeito isolado para os níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), em que a cunhã apresentou efeito linear decrescente e as dietas de gliricídia e jureminha, não apresentaram diminuição com a inclusão dos níveis.

Na degradabilidade potencial, também foi notado efeito isolado para os níveis de inclusão de tanino ($P < 0,05$), não havendo diferença entre as dietas nos níveis com zero de tanino e 5 g/kg de inclusão, havendo efeito linear decrescente.

No que diz respeito a DIVMS, houve efeito significativo ($P < 0,05$), para interação entre dietas e níveis de tanino (Tabela 6). Essa variável mede a proporção de MS que é potencialmente degradada durante o ensaio *in vitro*. No que diz respeito as dietas experimentais, a leguminosa gliricídia apresentou potencial de digestibilidade ($P < 0,05$) independente da adição de TC, apresentando DIVMS de 874,9 g/kg com zero de tanino, seguida da cunhã com 725,8 g/kg e a jureminha apresentou menor digestibilidade verdadeira da MS. Com relação aos níveis de inclusão de tanino, houve efeito significativo ($P < 0,05$), não havendo diferença sobre a inclusão dos níveis entre as dietas da cunhã e gliricídia, entretanto, houve efeito linear decrescente para a dieta da jureminha em todos os níveis de inclusão.

Produção de gases *in vitro*

No que se refere a produção de gases *in vitro* (Tabela 7), houve interação significativa para efeito de dieta e nível de inclusão de tanino ($P < 0,05$), para o parâmetro Vf1 e Kd1, onde maiores volumes de gases para fração de rápida degradação foram observados para dieta da cunhã, seguido da gliricídia, com menores valores observados na dieta da jureminha. Para o efeito de nível de inclusão, os volumes de gases decresceram linearmente na dieta, contudo, não houve diferença estatística quanto as demais dietas em relação a adição de tanino. As taxas de degradação Kd1 foram semelhantes entre as dietas, em que as maiores taxas foram observadas na dieta da cunhã, seguida da gliricídia e menores taxas para dieta da jureminha. Para o efeito de nível de inclusão de tanino, a taxa de degradação diminuiu de forma similar entre as espécies.

A latência observada, apresentou interação entre dietas, níveis e interação ($P < 0,05$), observando-se maior duração dos eventos iniciais da colonização até o início da degradação para a dieta da jureminha, seguida da gliricídia e menor tempo para cunhã. Com relação aos efeitos dos níveis de inclusão de tanino, foi observado efeito linear crescente, com aumento da adição de taninos nas dietas, onde a dieta da jureminha apresentou o maior tempo com 6,67 h.

Para o parâmetro Vf2 (volume de gás produzido pela degradação dos carboidratos fibrosos), houve interação entre dietas, níveis e interação ($P < 0,05$), observando-se maiores valores para a dieta da gliricídia, seguida da cunhã e menores valores para jureminha. Para os efeitos de nível, houve comportamento linear crescente, houve aumento à medida em que foi adicionado extrato, sugerindo que o tanino está influenciando positivamente essa fase específica da degradação. No que diz respeito a taxa de degradação específica dos carboidratos fibrosos, não houve efeito significativo ($P > 0,05$).

Os parâmetros Vt1 e Vt2 obtiveram comportamentos semelhantes, dessa forma, houve interação significativa entre dietas e interação com os níveis de inclusão ($P = < .0001$; 0.0004) e ($P = < .0001$; 0.0005), respectivamente. Observando que as espécies que apresentaram maior produção total de gases e produção total de gases ajustada pelo modelo bicompartimental, foram as dietas da cunhã e gliricídia. Entretanto, houve diminuição da produção de gás para a dieta da jureminha, com a inclusão dos níveis de tanino.

Tabela 6. Parâmetros de degradação e digestibilidade in vitro de dietas compostas por diferentes fontes de proteína e adição de taninos condensados.

Item	Dietas	Níveis de taninos (g/kg)							EPM	P - Valor		
		0	5	10	15	20	25	30		D	N	D*N
a	Cunhã	101,3	56,0	39,3	78,0	67,7	52,3	18,4	5,41	0,327	0,015	0,383
	Gliricídia	72,7	65,1	39,7	104,6	43,6	67,7	24,1				
	Jureminha	115,2	88,1	87,9	45,2	38,9	106,5	36,8				
b	Cunhã	640,4	616,8	651,2	602,0	506,3	554,2	475,2	12,3	0,719	<.0001	0,301
	Gliricídia	680,7	655,4	581,3	597,2	502,7	549,8	468,3				
	Jureminha	702,8	667,5	589,5	580,9	445,8	529,1	461,9				
c	Cunhã	0,09	0,16	0,21	0,13	0,15	0,15	0,31	0,01	0,965	0,133	0,675
	Gliricídia	0,11	0,15	0,23	0,09	0,20	0,12	0,27				
	Jureminha	0,06	0,08	0,13	0,14	0,21	0,33	0,18				
DE (0,02g/h)	Cunhã	626,1	605,4	634,4	596,3	513,2	540,3	464,7	10,8	0,194	<.0001	0,555
	Gliricídia	651,2	641,3	569,6	587,1	498,2	540,4	459,9				
	Jureminha	631,7	625,6	575,2	552,6	440,7	548,6	451,5				
DE (0,05g/h)	Cunhã	514,5 a	528,0 a	566,5 a	507,2 a	445,5 a	466,6 a	427,3 a	8,43	0,038	<.0001	0,778
	Gliricídia	544,9 ab	553,1 ab	508,5 ab	482,2 ab	442,1 ab	458,7 ab	418,9 ab				
	Jureminha	485,9 b	505,3 b	482,1 b	471,6 b	390,0 b	477,6 b	396,5 b				
DE (0,08g/h)	Cunhã	442,3	469,8	512,9	444,5	395,9	412,6	395,9	7,74	0,058	0,005	0,817
	Gliricídia	471,7	488,5	460,7	415,9	398,9	401,5	384,8				
	Jureminha	404,6	429,5	422,5	413,0	351,4	434,9	354,6				
DP	Cunhã	741,7	672,8	690,6	680,0	574,1	606,5	493,5	15,8	0,943	<.0001	0,450
	Gliricídia	753,4	720,6	621,1	701,6	546,3	671,6	492,4				
	Jureminha	818,2	755,6	677,4	626,4	484,7	635,6	498,7				
DIVMS	Cunhã	725,8 b	722,1 a	713,9 a	715,4 a	692,2 a	688,4 a	688,4 a	9,4	<.0001	<.0001	<.0001
	Gliricídia	874,9 a	710,0 a	668,1 b	691,6 a	678,1 a	677,6 a	662,6 a				
	Jureminha	653,0 c	597,6 b	627,2 c	618,7 b	622,8 b	616,0 b	606,5 b				

*(g/kg MS); a, b e c referem-se aos parâmetros de Orskov & McDonald (1979); DE - degradabilidade efetiva para taxa de passagem igual a 0.02, 0.05 e 0.08 h⁻¹; DP - degradabilidade potencial representada pelo somatório de a e b; DIVMS = Digestibilidade in vitro da matéria seca; EPM = Erro padrão da média; D = Dietas experimentais; N = Níveis de taninos; D*N = Interação entre as dietas experimentais e os níveis de tanino. Equações níveis: a Cunhã: y = 59,02, P = 0,144; a Gliricídia: y = 59,58, P = 0,203; a Jureminha: y = 74,15, P = 0,252; b Cunhã: y = -54,693x + 660,05, R² = 0,7584, P = <.0001; b Gliricídia: y = -66,214x + 675,81, R² = 0,8669, P = <.0001; b Jureminha: y = -81,657x + 690,7, R² = 0,8275, P = <.0001; DE (0,02g/h) Cunhã: y = -52,543x + 647,44, R² = 0,7913, P = <.0001; DE (0,02g/h) Gliricídia: y = -60,507x + 654,72, R² = 0,858, P = <.0001.

= <.0001; DE (0,02g/h) Jureminha: $y = -59,221x + 635,39$, $R^2 = 0,7095$, $P = <.0001$; DE (0,05g/h) Cunha: $y = -36,1x + 547,81$, $R^2 = 0,6266$, $P = <.0001$; DE (0,05g/h) Gliricídia: $y = -45,229x + 554,76$, $R^2 = 0,9143$, $P = <.0001$; DE (0,05g/h) Jureminha: $y = -29,693x + 502,97$, $R^2 = 0,491$, $P = <.0001$; DE (0,08g/h) Cunha: $y = -26,471x + 478,84$, $R^2 = 0,4515$, $P = 0,0006$; DE (0,08g/h) Gliricídia: $y = -68,271x + 746,26$, $R^2 = 0,5936$, $P = 0,0006$; DE (0,08g/h) Jureminha: $y = 401,52$, $P = 0,3739$; DP Cunha: $y = -70,979x + 743,5$, $R^2 = 0,8309$, $P = <.0001$; DP Gliricídia: $y = -68,271x + 746,26$, $R^2 = 0,5936$, $P = <.0001$; DP Jureminha: $y = -99,371x + 791,43$, $R^2 = 0,761$, $P = <.0001$. Dieta Cunha: $y = -0,4238x^2 - 13,107x + 727,64$, $R^2 = 0,8998$, $P = <.0001$; Dieta Gliricídia: $y = 42,024x^2 - 175,48x + 835,63$, $R^2 = 0,7847$, $P = <.0001$; Dieta Jureminha: $y = 620,29$, $P = 0,0864$.

Tabela 7. Produção de gases in vitro de dietas compostas por diferentes fontes de proteína e adição de taninos condensados.

Item	Dietas	Níveis de taninos (g/kg)							EPM	P - Valor		
		0	5	10	15	20	25	30		D	N	D*N
Vf1	Cunhã	154,0 a	229,1 a	193,4 a	159,3 a	108,2 a	78,9 a	94,7 a	6.89	<.0001	0.012	0.061
	Gliricídia	144,4 a	112,9 b	126,5 ab	129,8 ab	134,9 a	122,3 a	92,3 a				
	Jureminha	88,9 a	106,9 b	71,4 b	72,9 b	70,2 a	72,5 a	83,0 a				
Kd1	Cunhã	0,05 a	0,06 a	0,04 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,001	0.002	0.028	0.461
	Gliricídia	0,04 ab	0,03 b	0,03 a	0,02 a	0,03 a	0,02 a	0,02 a				
	Jureminha	0,02 b	0,02 b	0,02 a	0,02 a	0,02 a	0,02 a	0,02 a				
L	Cunhã	5,19 a	5,2 b	4,80 b	5,45 b	5,87 a	6,60 a	6,10 a	0,08	0.0002	0.005	0.005
	Gliricídia	5,85 a	6,03 ab	6,17 a	5,63 b	5,69 a	6,62 a	6,28 a				
	Jureminha	6,01	6,51 a	6,15 a	6,67 a	6,27 a	5,75 a	6,45 a				
Vf2	Cunhã	182,5 a	76,8 b	102,2 ab	179,5 ab	241,2 a	256,0 a	197,9 a	10,53	<.0001	0.018	0.008
	Gliricídia	162,7 a	207,1 a	208,2 a	239,9 a	203,8 a	311,1 a	234,5 a				
	Jureminha	130,1 a	176,8 ab	91,5 b	85,5 b	79,9 b	86,8 b	82,9 b				
Kd2	Cunhã	0,06	0,11	0,15	0,10	0,09	0,07	0,09	0,004	0.437	0.060	0.758
	Gliricídia	0,06	0,09	0,11	0,08	0,10	0,09	0,07				
	Jureminha	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08				
Vt1	Cunhã	337,9 a	311,5 a	302,9 a	341,5 a	347,3 a	329,2 b	290,0 a	10,88	<.0001	0.050	0.0004
	Gliricídia	301,5 a	316,8 a	334,3 a	364,2 a	336,1 a	429,1 a	317,6 a				
	Jureminha	211,9 b	278,7 a	157,2 b	148,4 b	142,7 b	152,3 c	156,3 b				
Vt2	Cunhã	334,5 a	303,4 a	295,6 a	338,9 a	349,6 a	335,2 b	292,8 a	10,64	<.0001	0.050	0.0005
	Gliricídia	303,7 a	320,0 a	334,8 a	369,9 a	338,9 a	433,5 a	326,9 a				
	Jureminha	219,2 b	283,8 a	163,2 b	158,7 b	150,3 b	159,5 c	166,1 b				

Vf1 = volume máximo de gás para a fração de rápida degradação (mL/g MS) (carboidratos não fibrosos; CNF), Kd1 = taxa de degradação específica para a fração de rápida degradação (mL/g MS/h); L = duração dos eventos iniciais de digestão (tempo de latência), comum a ambas as fases, Vf2 = volume máximo de gás para a fração de lenta degradação (mL/g MS) (carboidratos fibrosos; CF), Kd2 = taxa de degradação específica para a fração de lenta degradação (mL/g MS/h); V(t) = volume máximo total de gases

produzidos (mL/g MS); $V(t)_2$ = Produção total de gases ajustada pelo modelo bicompartimental (mL/g MS) ($V(t)_2 = V_{f1} + V_{f2}$); EPM = Erro padrão da média; D = Dietas experimentais; N = Níveis de taninos; D*N = Interação entre as dietas experimentais e os níveis de tanino. GV_{f1} Cunha = $y = -40,25x + 205,75$, $R^2 = 0,6317$, $P = 0,0010$; V_{f1} Gliricídia = $y = 123,25$, $P = 0,173$; V_{f1} Jureminha = $y = 80,83$, $P = 0,08$; $Kd1$ Cunha = $y = -0,0093x + 0,0539$, $R^2 = 0,7545$, $P = 0,0013$; $Kd1$ Gliricídia = $y = -0,0064x + 0,0411$, $R^2 = 0,5956$, $P = 0,0013$; $Kd1$ Jureminha = $y = 0,02$, $P = 0,009$; L Cunha = $y = 0,4714x + 4,8943$, $R^2 = 0,6725$, $P = 0,0012$; L Gliricídia = $y = 6,03$, $P = 0,100$; L Jureminha = $y = 6,26$, $P = 0,94$; V_{f2} Cunha = $y = 38,829x + 118,34$, $R^2 = 0,3987$, $P =$; V_{f2} Gliricídia = $y = 29,929x + 179,0$, $R^2 = 0,4956$, $P =$; V_{f2} Jureminha = $y = -23,8x + 140,49$, $R^2 = 0,5085$, $P =$; Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

4. DISCUSSÃO

A jureminha apresenta em sua composição altos teores de matéria seca, esse fato pode ser justificado pelas características morfológicas intrínsecas da espécie, as quais apresentam ramos com hastes mais fibrosas e menor proporção de folhas em relação as outras espécies avaliadas.

A cunhã apresentou um percentual mais elevado de proteína bruta (PB), indicando o potencial dessa espécie como fonte proteica na alimentação de animais ruminantes, especialmente em regiões semiáridas. Contudo, a formulação de dietas considerando apenas o teor de PB do alimento, sem considerar a compreensão de sua disponibilidade, pode comprometer a eficiência na síntese dos microrganismos ruminais (Licitra *et al.*, 1996).

As maiores concentrações de FDA e LDA, encontradas na jureminha (273,37; 196,97 g/kg MS), possivelmente estão relacionadas às características morfológicas e ao porte da planta. Leguminosas do gênero *Desmanthus spp.* são semi arbustivas e têm ramos mais grossos, apresentando maior lignificação (Calado *et al.*, 2016; Medeiros *et al.*, 2020).

A maior quantidade de frações fibrosas ocasiona elevação da MS com consequente diminuição nos teores de PB e disponibilidade de nutrientes, o que foi confirmado com os baixos valores de DIVMS encontrados na dieta da jureminha. Além disso, a jureminha apresentou maior concentração de ECT em relação as outras espécies, no qual possui propriedades que podem afetar a digestibilidade, como a formação de complexos com proteínas e carboidratos, tornando-os menos disponíveis para os microrganismos no trato digestivo dos ruminantes.

No que se refere ao fracionamento dos compostos nitrogenados, as maiores quantidades da fração A, encontradas na cunhã (30,103 g/kg de PB), indicam a possibilidade de utilização desse nutriente como fonte de nitrogênio (N) prontamente disponível para utilização pelos microrganismos do rúmen. A gliricídia e jureminha não diferiram em relação aos resultados da fração A, onde os valores variaram de 23,058 e 22,875 g/kg de PB, entretanto, boa parte dessa proteína pode estar ligado a frações fibrosas.

Essa fração possui alta taxa de degradação ruminal, sendo rapidamente convertido em amônia (Sniffen *et al.*, 1992). Os microrganismos desempenham um papel vital no processo de fermentação ruminal, utilizando a amônia derivada da fração A para a síntese de aminoácidos e proteínas.

Na fração B1+B2, a dieta da gliricídia e jureminha apresentou maiores concentrações dessa fração, fato satisfatório, pois essa fração representa as proteínas rapidamente degradada e intermediária degradação, que tendem a aumentar a digestibilidade da proteína. Conforme

Licitra *et al.* (1996), essa fração de proteína está vinculada à parede celular, caracterizada por uma taxa de degradação lenta no rúmen, e, portanto, evidencia um alto índice de escape, podendo ser uma fonte potencial de aminoácidos no intestino delgado.

De acordo com Silva *et al.* (2014), à medida que os valores das frações A e B1 aumentam, cresce a demanda por um fornecimento mais substancial de carboidratos de rápida degradação, visando garantir um sincronismo apropriado na fermentação de proteínas e carboidratos no rúmen.

Para a fração C, a dieta da jureminha se destacou das demais espécies com maiores concentrações. A fração C é considerada como parte da proteína indigestível, tornando essa fração menos disponível a fermentação no rúmen. Conforme destacado por Licitra *et al.* (1996) a fração C está relacionada à parte da proteína ligada à lignina e, portanto, menos disponível para a digestão ruminal.

Com relação a degradabilidade, a fração solúvel e a fração lentamente degradável da MS *in vitro*, sofreram influências sobre os níveis de inclusão de tanino nas dietas, observando efeito linear decrescente. Logo, esse fato pode ser explicado pelos efeitos inibitórios dos taninos na atividade dos micro-organismos ruminais, que são responsáveis pela degradação de nutrientes.

Sendo esses efeitos relacionados a inibição enzimática, em que os taninos podem inibir enzimas digestivas, diminuindo a eficiência na degradação de nutrientes no rúmen, além de formação de complexos com proteínas, resultando na formação de precipitados menos acessíveis aos micro-organismos ruminais e a redução da atividade microbiana, visto que, a presença de taninos pode influenciar de forma negativa a atividade de micro-organismos, comprometendo a degradação e fermentação dos nutrientes (Min *et al.*, 2003; Mueller-Harvey, 2006; Huang *et al.*, 2018)

As taxas de degradação efetiva, como a taxa de lenta, média e alta (0,02; 0,05 e 0,08g/h), geralmente estão associadas ao processo de degradação da matéria orgânica no rúmen dos animais. Essa medida avalia a velocidade com que o nutriente é degradado no rúmen e assim, está disponível para absorção pelo animal. Obtendo taxas acima de 44%, 39% e 35%, respectivamente.

A taxa de degradação média, obteve efeito isolado da dieta e níveis de inclusão, observando que a cunhã e gliricídia não diferiu estatisticamente, apresentando maiores resultados, com a taxa de passagem média, observando uma degradabilidade efetiva acima de 35%. Entretanto, a dieta da jureminha apresentou menor velocidade média de degradação, comprovando por meio da composição química da dieta (Tabela 4), maiores percentuais de

frações fibrosas, dietas com maiores percentuais dessas frações podem ter uma degradação mais lenta devido a resistência desses componentes a fermentação ruminal, dificultando ainda mais a contribuição para liberação de nutrientes em um ritmo intermediário.

Além disso, outro fator que pode ter influenciado, está associado ao fato de as leguminosas já possuírem frações de tanino em sua composição, em que a jureminha apresentou maiores percentuais de ETC e TCT, afetando a eficiência da degradação, já que a presença de taninos pode diminuir a velocidade de degradação. Acarretando que níveis mais elevados podem exercer efeitos mais pronunciados na taxa média de degradação.

No que se refere a digestibilidade, a dieta contendo gliricídia apresentou elevado potencial de digestibilidade, mesmo sendo uma leguminosa que já possui tanino em sua composição, independente da adição de TC, apresentou DIVMS acima de 870 g/kg de MS em zero de inclusão de tanino, seguida da cunhã acima de 725 g/kg MS, possivelmente pelas menores concentrações de lignina na dieta (< 5 g/kg) e carboidratos não fibrosos, fato que pode ser comprovado na composição química da dieta (Tabela 2) e composição químico-bromatológica das leguminosas (Tabela 4).

O menor percentual de digestibilidade da dieta da jureminha, justifica o fato de a espécie ter apresentando maiores percentuais de tanino condensados da espécie, além disso, maiores proporções da fração C dos compostos nitrogenados, fração essa que é altamente resistente a degradação microbiana e enzimática, fator que pode ter influenciado na menor digestibilidade observada.

Quanto a interação entre as dietas experimentais com os níveis de extrato de tanino na digestibilidade, isso está relacionado ao efeito dos taninos na degradação de proteínas, visto que a presença de taninos, pode impactar na digestibilidade de forragens, especialmente aquelas ricas em proteína, como as leguminosas. Todas as dietas experimentais apresentaram DIVMS acima de 600 g/kg MS, sendo geralmente considerado como satisfatório. Indicando uma maior disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos no processo de fermentação, o que pode ser benéfico para nutrição animal.

Com relação aos níveis de adição de TC ($P < .0001$), a adição de TC de jurema preta diminuiu linearmente a digestibilidade das dietas. Entretanto, esses resultados evidenciam que não somente a presença de TC na dieta pode influenciar a digestibilidade, mas também os componentes da parede celular presentes nas espécies.

Santos (2013) analisou a DIVMS de diversas forrageiras leguminosas, incluindo gliricídia e cunhã, alcançou percentuais de 77% e 65% de DIVMS, respectivamente. Esses resultados assemelham-se aos encontrados nas dietas do presente trabalho. Mesmo sendo

constituídas por diferentes plantas, essas dietas apresentaram resultados semelhantes aos obtidos por Santos, que se concentrou exclusivamente na DIVMS de leguminosas.

A digestibilidade da matéria seca nas plantas tende a diminuir durante o seu desenvolvimento, pois ocorre um aumento na proporção de caules e celulosas lignificadas, como consequência, observa-se um aumento na concentração de fibras, no espessamento da parede celular, resultando, uma redução nos teores de PB e CNF. No entanto, é importante ressaltar que essa diminuição na qualidade varia entre as espécies de leguminosas devido às divergências nos hábitos de crescimento e na alocação de nutrientes entre os tecidos do caule e da folha (Ergon *et al.*, 2016).

Na produção de gases *in vitro*, para os parâmetros Vfl e Kd1 (volume de gás produzido pela degradação dos CNF e a sua taxa de degradação específica), os maiores volumes observados foram na dieta da cunhã, entretanto, em relação aos teores de CNF, a cunhã apresentou menor proporção (283,04 g/kg MS), em contrapartida, a espécie apresentou menores teores de componentes fibrosos e maiores frações de rápida utilização, como a fração A dos compostos nitrogenados que é instantaneamente solubilizada, aspecto que justificam os resultados obtidos. Com relação a gliricídia, a espécie apresentou maiores teores de CNF, bem como menos proporções de frações fibrosas, justificando os volumes obtidos.

Com isso, outra possível justificativa para esse resultado, pode estar relacionada a fermentação da proteína solúvel, que, ao estar presente em maior quantidade, resulta na produção de amônia, que é o principal subproduto metabólico. Esse processo influencia o equilíbrio do tampão bicarbonato ao capturar íons H^+ , o que, por sua vez, reduz a liberação de CO_2 . Conforme achados por Getachew *et al.* (2004), cada mmol de amônia produzida impede a liberação de 0,87 mmol de CO_2 , em outras palavras, dietas contendo maiores teores de proteína solúvel, gera menores produções de gás.

No que diz respeito aos carboidratos não fibrosos, de acordo com Singh *et al.* (2012), sua presença exerce um efeito de redução na produção de gás, uma vez que contribui para a diminuição do pH ruminal e promove favorecimento para produção de propionato.

Com relação a latência, o maior tempo de latência da jureminha, corrobora com os resultados obtidos das características químico-bromatológicas e intrínsecas da espécie, apresentando maiores teores de taninos condensados, influenciando no tempo de adesão e colonização dos micro-organismos ao substrato, aumentando assim, o período de latência.

O tempo de latência, que corresponde ao período de colonização das bactérias, apresentou efeito linear, em relação aos níveis de taninos condensados (TC). Esse efeito pode estar relacionado à capacidade dos TC de reduzir a velocidade do crescimento microbiano. Essa

fração de latência representa o intervalo de tempo entre o início da incubação e a ação dos microrganismos sobre o substrato, conforme descrito por Magalhães *et al.* (2006).

Para o volume de gás produzido pela degradação dos carboidratos fibrosos (Vf2), a influência do aumento do extrato de tanino nos resultados, indicando um comportamento linear, sugere que o tanino pode estar exercendo um efeito benéfico nessa fase específica da degradação dos carboidratos fibrosos. O aumento do extrato de tanino pode estar estimulando positivamente a atividade dos microrganismos no rúmen, promovendo uma degradação mais eficiente dos carboidratos fibrosos e, conseqüentemente, resultando em maiores volumes de gás produzidos.

5. CONCLUSÃO

A gliricídia é uma potencial taninífera e apresenta potencial em constituir parte da proteína em dietas formuladas para animais ruminantes, entretanto, recomenda-se a sua utilização sem a necessidade de adição de taninos.

O extrato de tanino condensado purificado Jurema Preta possui potencial de modular a fermentação ruminal, melhorando a eficiência de utilização nas dietas em regiões semiáridas. Entretanto, a inclusão desse extrato resultou em uma redução nas taxas de degradação ruminal, atribuída à presença intrínseca de taninos condensados em forrageiras leguminosas. Dessa forma, pode-se concluir que, não é necessário aumentar ainda mais a concentração de taninos em plantas naturalmente ricas em taninos, no entanto, recomenda-se uma investigação mais aprofundada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. D. M., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, 22(6), 711-728, 2013.
2. AOAC. Association of Official Analytical, Official Methods of Analysis. 15th Edition. Arlington, VA, 1990.
3. BARBOSA, V. V., SOUZA, W. M., GALVÍNCIO, J. D., & COSTA, V. S. O. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco–Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 9(2), 353-367, 2016.
4. CALADO, T.B.; CUNHA, M.V.; TEIXEIRA, V.I.; SANTOS, M.V.F.; CAVALCANTI, H.S.; LIRA, C.C. Morfologia e produtividade de genótipos de jureminha (*Desmanthus spp.*) sob diferentes intensidades de corte. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.742-752, 2016.
5. CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37,335-342, 2008.
6. ERGON, A. et al. Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies: 1. Dry-matter yield and dynamics of species composition. **Grass and Forage Science**, v. 71, n. 4, p. 667-682, 2016.
7. FONSECA, N. V. B.; CARDOSO, A. S.; BAHIA, A. S. R. S.; MESSANA, J. D.; VICENTE, E. F.; REIS, R. A. Additive Tannins in Ruminant Nutrition: An Alternative to Achieve Sustainability in Animal Production. **Sustainability**, 15, 4162, 2023.
8. GETACHEW, G.; ROBINSON, P. H.; DE PETERS E. J.; TAYLOR S. J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, v.111, p. 57–71, 2004.
9. GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, 1970.
10. HAGERMAN, A. E. & BUTLER, L. G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, p. 809-812, 1978.
11. HARTINGER, T.; GRESNER, N.; SÜDEKUM, K-H. Does intra-ruminal nitrogen recycling waste valuable resources? A review of major players and their manipulation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.9, n.1, p.1-21, 2018.
12. HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

13. HUANG, Q.; LIU, X.; ZHAO, G.; HU, T.; WANG, Y. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Anim. Nutr.** 4 (2), 137–150, 2018.
14. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 11 de setembro de 2023.
15. LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
16. MAGALHÃES, R.T.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação de quatro genótipos de sorgo pela técnica “*in vitro*” semiautomática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.101-111, 2006.
17. MEDEIROS, A.S.; TEIXEIRA, V.I.; CAVALCANTI, C.P.L.; OLIVEIRA, E.N.; SILVA, S.L.F.; SANTOS, M.V. Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v.69, p.54-64, 2020.
18. MIN, B.R., BARRY, T.N., ATTWOOD, G.T., MCNABB, W.C. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Anim. Feed Sci. Technol.** 106, 3–19, 2003.
19. MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 86:2010-2037, 2006.
20. NRC. National research council. **Nutrient requirements of small ruminants: goats, cervids, and new world camelids**. 1st ed. Washinton (D.C): National Academic Press. 362p, 2007.
21. ØRSKOV ER, MCDONALD I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agr. Sci.**, 92(2):499–503, 1979.
22. SANTOS, J.D.C.; SARAIVA, E.P.; GONZAGA NETO, S.; SARAIVA, C.A.S.; PINHEIRO, A.C.; FONSÊCA, V.F.C.; SANTOS, S.G.C.G.; SOUZA, C.G.; ALMEIDA, M.E.V.; VERÍSSIMO, T.N.S.; MORAIS, L.K.C. Feeding behavior of lactating dairy cattle fed sorghum-based diets and increasing levels of tannic acid. **Agriculture**, v.11, n.2, p.172, 2021.
23. SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fibreanalysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174, 2008.

24. SANTOS, K. C. D. **Avaliação de espécies forrageiras disponíveis para ruminantes no semiárido**. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2013.
25. SILVA, S. P.; DA SILVA, M. M. C. Fracionamento de carboidrato e proteína segundo o sistema CNCPS. **Veterinária Notícias**, v. 19, p. 95-108, 2014.
26. SINGH, S.; KUSHWAHA, B. P.; NAG, S. K. et al. In vitro ruminal fermentation, protein and carbohydrate fractionation methane production and prediction of twelve commonly used indian greed forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.178, p. 2-11, 2012.
27. SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562- 3577, 1992.
28. TERRILL, T. H.; ROWAN, A. M.; DOUGLAS, G. B. et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.58, p. 321-329, 1992.
29. THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.
30. TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104–111, 1963.
31. VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, A. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
32. ZHANG, J.; XU, X.; CAO, Z.; WANG, Y.; YANG, H.; AZARFAR, A.; LI, S. Effect of different tannin sources on nutrient intake, digestibility, performance, nitrogen utilization, and blood parameters in dairy cows. **Animals**, v.9, n.8, p.507, 2019.
33. ZELLER, W. E. 'Activity, Purification, and Analysis of Condensed Tannins: Current State of Affairs and Future Endeavors'. **Crop Science**, 59: 886-904, 2019.