

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

AURIELLE SILVA MEDEIROS

**MORFOLOGIA, PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE
JUREMINHA EM RESPOSTA À DENSIDADE DE PLANTIO E
ALTURA DE COLHEITA**

**RECIFE
2021**

AURELLE
SILVA
MEDEIROS

**MORFOLOGIA, PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE
JUREMINHA EM RESPOSTA À DENSIDADE DE PLANTIO E
ALTURA DE COLHEITA**

DOUTORADO
PPGZ – 2021

AURIELLE SILVA MEDEIROS

**MORFOLOGIA, PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE
JUREMINHA EM RESPOSTA À DENSIDADE DE PLANTIO E
ALTURA DE COLHEITA**

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

Área de concentração: Zootecnia

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Coorientadores: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha e Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

**RECIFE
2021**

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

- M488m Medeiros, Aurielle Silva
 Morfologia, produtividade e valor nutritivo de Jureminha em resposta à densidade de plantio e altura de colheita / Aurielle Silva Medeiros. - 2021.
 88 f. : il.
- Orientadora: Mércia Virginia Ferreira dos Santos.
 Inclui referências e apêndice(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2021.
1. Composição química. 2. *Desmanthus pernambucanus*. 3. Digestibilidade da matéria seca. 4. Espaçamento de plantio. 5. Intensidade de corte. . I. Santos, Mércia Virginia Ferreira dos, orient. II. Título



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

**MORFOLOGIA, PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE
JUREMINHA EM RESPOSTA À DENSIDADE DE PLANTIO E
ALTURA DE COLHEITA**

Tese elaborada por

AURIELLE SILVA MEDEIROS

Aprovada em 27/10/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Orientadora)

Dr. Daniel Fernando Ydoyaga Santana
Instituto Paraguayo de Tecnologia Agraria

Dr. Hiran Marcelo Siqueira da Silva
University of Florida

Prof. Dr. James Pierre Muir
Texas A&M University

Prof.^a Dr.^a Karina Guimarães Ribeiro
Universidade Federal de Viçosa

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pela vida, por me dar sabedoria, discernimento, coragem e força para viver e lutar pelos meus objetivos.

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

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela compreensão, valiosa orientação e todo conhecimento transmitido, além da confiança depositada em mim.

Aos membros do comitê de orientação e da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

À Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), da UFRPE, que gentilmente cedeu suas instalações para a realização deste experimento, e aos funcionários da referida estação pela colaboração nos trabalhos.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia da UFRPE que participaram desta jornada.

À minha família, aos colegas e amigos André Santos, Antônio Leopoldino, Camilla Lira, Carla Gisely, Chrislanne Carvalho, Dayanne Camelo, Diana Valadares, Elayne Soares, Ercvania Costa, Gabriela Duarte, Géssica Solanna, Italvan Macêdo, Jeska Thayse, Jessica Marques, João Vitor Clemente, José Diógenes, Juliana Ferreira, Lenildo Teixeira, Leonardo Barros, Leonardo Santos, Lucas Cirilo, Lucas Ferreira, Maikon Lemos, Maria Nágila, Marilene Maciel, Marina Almeida, Michelle Siqueira, Osniel Faria, Pedro Henrique, Pedro Mouzinho, Rayanne Thalita, Rodrigo Andrade, Salmo Olegário, Tafnes Bernardo, Thalita Polyana, Tomás Guilherme, Toni Carvalho, Wellington Jairo e Williane Patrícia, que me auxiliaram durante a execução deste estudo, pela atenção em todos os instantes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta conquista, os meus sinceros agradecimentos.

“A vida é curta, viva. O amor é raro, aproveite. O medo é terrível, enfrente. As lembranças são doces, aprecie.”

Caio Fernando Abreu

RESUMO

O uso de leguminosas forrageiras representa importante alternativa para melhoria do suprimento de N no solo e na dieta de ruminantes. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes densidades de plantio (40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹) e alturas de colheita (20 e 40 cm) sobre características morfológicas, produtivas e nutritivas, além da sobrevivência de Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung) cultivada na Zona da Mata Norte de Pernambuco, bem como estimar a repetibilidade das características avaliadas. O experimento foi realizado em arranjo de parcelas subdivididas, com delineamento em blocos casualizados e quatro repetições. Densidades de plantio foram estudadas na parcela principal e alturas de colheita na subparcela. Utilizou-se sementes do acesso 7G de Jureminha. As plantas foram submetidas à colheita de uniformização aos 127 dias após o transplante, e mais oito colheitas foram realizadas com intervalo de 84 dias. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta; diâmetros de caule (DCA), ramo (DR) e copa (DCO); comprimento de ramo (CR); número de ramos por planta (NRP); número de folhas por ramo (NFR); número de folíolos por folha (NFF); comprimento e largura da folha (CF e LF); índice de área foliar (IAF); interceptação luminosa (IL); sobrevivência; produções de folhas, ramos, vagens, forragem e total; e relação folha/ramo (RFR). Foram determinados a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da forragem, sendo realizado o fracionamento de carboidratos e proteína. Alturas de colheita não afetaram a produtividade nem a sobrevivência das plantas. O cultivo sob densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ permitiu obtenção de plantas mais altas, com IAF (0,98), IL (49%), produções individual (19 g MS.planta⁻¹) e por área (576,5 kg MS.ha⁻¹.colheita⁻¹) superiores, mesmo proporcionando menor DCO (87,9 cm) e estande final (66%) mais reduzido. A RFR foi superior em dezembro/2018 (1,44) e fevereiro/2020 (1,34). Matéria seca (MS: 356,3 g.kg⁻¹), matéria mineral (38,2 g.kg⁻¹), lignina (145,6 g.kg⁻¹), digestibilidade (433,1 g.kg⁻¹), fração C dos carboidratos (20,5% MS), e frações B3 (8% de proteína bruta: PB) e C da proteína (17% PB) não foram alterados ($p \geq 0,05$) por nenhum fator estudado. Maiores teores de PB (182,6 g.kg⁻¹) e menores de fibra em detergente neutro (FDN: 568,4 g.kg⁻¹) e ácido (FDA: 426,5 g.kg⁻¹), hemicelulose (143,6 g.kg⁻¹) e celulose (281,3 g.kg⁻¹) foram observados na forragem colhida na época seca. Cultivo mais adensado permite maior produtividade, entretanto reduz a sobrevivência. Apenas épocas de colheita promovem alterações na composição química da forragem, mas não afetam a digestibilidade da MS. A Jureminha tem potencial para uso em legumineiras, sendo colhida, conservada e fornecida adicionalmente aos animais, mas os produtores devem esperar flutuações na produtividade. A persistência do valor nutritivo da forragem indica seu potencial como suplemento proteico na dieta de ruminantes alimentados com gramíneas tropicais, notadamente na época seca. É possível reduzir o número de medições para DCA, NFF ($R^2=95\%$), altura de plantas, DCO, IAF, IL, CF, LF, NFR, DR, RFR, FDN, FDA, hemicelulose, lignina, carboidratos totais e sua fração C, e frações A e B1+B2 da proteína ($R^2=90\%$), otimizando recursos em futuras pesquisas com Jureminha.

Palavras-chave: Composição química. *Desmanthus pernambucanus*. Digestibilidade da matéria seca. Espaçamento de plantio. Intensidade de corte. Leguminosa nativa. Repetibilidade.

ABSTRACT

The use of forage legumes represents an important alternative to improve the supply of N in the soil and the diet of ruminants. The aim of this study was to evaluate the effect of different planting densities (40,000; 15,625 and 10,000 plants ha⁻¹) and harvest heights (20 and 40 cm) on the morphological, productive and nutritive characteristics, in addition to the survival of Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung) cultivated in the Zona da Mata Norte of Pernambuco, as well as to estimate the repeatability coefficient of the evaluated traits. The experiment was designed in randomized blocks with subdivided plots and four repetitions. Planting densities were evaluated in the plots, and the harvest heights in the subplot. Seeds from the 7G accession of Jureminha were used. The plants were subjected to uniform cutting 127 days after transplanting, and eight more harvests were carried out with an interval of 84 days. The following variables were evaluated: plant height; stem (SD), branch (BD) and canopy (CD) diameters; branch length (BL); number of branches per plant (NBP); number of leaves per branch (NLB); number of leaflets per leaf (NLL); leaf length and width (LL and LW); leaf area index (LAI); light interception (LI); survival; productions of leaves, branches, pods, forage and total; and leaf/branch ratio (LBR). The chemical composition, and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the forage were determined, and the fractionation of carbohydrates and protein was carried out. Harvest heights did not affect yield or survival of plants. Cultivation under a density of 40,000 plants ha⁻¹ allowed to obtain taller plants, with higher LAI (0.98), LI (49%), and individual yields (18.8 g DM.plant⁻¹) and by area (576.5 kg DM.ha⁻¹.harvest⁻¹), even providing a smaller CD (87.9 cm) and a final stand (66%) more reduced. The LBR was higher in December/2018 (1.44) and February/2020 (1.34). Dry matter (DM: 356.3 g.kg⁻¹), mineral matter (38.2 g.kg⁻¹), lignin (145.6 g.kg⁻¹), digestibility (433.1 g.kg⁻¹), fraction C of carbohydrates (20.5% DM), fractions B3 (8% crude protein: CP) and C (17% CP) of protein were not altered ($p \geq 0.05$) by any factor studied. Higher CP contents (181.6 g.kg⁻¹) and lower neutral (NDF: 568.4 g.kg⁻¹) and acid detergent fiber (ADF: 426.5 g.kg⁻¹), hemicellulose (143.6 g.kg⁻¹) and cellulose (281.3 g.kg⁻¹) were observed in forage harvested in the dry season. Denser cultivation allows greater yield however reduces survival. Only harvest seasons promote changes in the chemical composition of the forage, but do not affect the digestibility of DM. Jureminha has potential for use in protein banks, being harvested, conserved and supplied in addition to animals, but producers must expect fluctuations in yield. The persistence of the nutritive value of forage indicates your potential as a protein supplement in the diet of ruminants fed with tropical grasses, especially in the dry season. It is possible to reduce the number of measurements for SD, NLL ($R^2=95\%$), plant height, CD, LAI, LI, LL, LW, NLB, BD, LBR, NDF, ADF, hemicellulose, lignin, total carbohydrates and your fraction C, and fractions A and B1+B2 of the protein ($R^2=90\%$), optimizing resources in future research with Jureminha.

Keywords: Chemical composition. Cutting intensity. *Desmanthus pernambucanus*. Digestibility of dry matter. Native legume. Planting spacing. Repeatability.

LISTA DE TABELAS**Capítulo 2 – Morfologia, produção e sobrevivência de Jureminha manejada sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita**

Tabela 1. Número de ramos por planta de Jureminha cultivada no decorrer de dois anos em região tropical subúmida, conforme alturas de colheita e colheitas realizadas 41

Tabela 2. Altura de plantas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida, conforme densidades de plantio e colheitas realizadas 43

Tabela 3. Características morfológicas e produtivas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida, conforme densidades de plantio 43

Tabela 4. Características morfológicas e produtivas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida, conforme colheitas realizadas 45

Tabela 5. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2 %) e número de medições necessárias (η_0) para características morfológicas e produtivas de Jureminha 47

Capítulo 3 – Valor nutritivo de Jureminha manejada sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita

Tabela 1. Composição química da forragem de Jureminha produzida em região tropical subúmida, conforme épocas de colheita 69

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre características nutritivas e produtivas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida 72

Tabela 3. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2 %) e número de medições necessárias (η_0) para características nutricionais de Jureminha 73

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 – Referencial Teórico

Figura 1. <i>Desmanthus pernambucanus</i> (L.) Thellung. (A) Aspecto geral das plantas; (B) Nectário, Pina, Inflorescência e Vagens imaturas	13
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Capítulo 2 – Morfologia, produção e sobrevivência de Jureminha manejada sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita

Figura 1. Balanço hídrico durante o período experimental (2017-2020) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC)	38
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Altura de plantas de Jureminha cultivadas em região tropical subúmida, conforme alturas de colheita. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média	42
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. Sobrevivência de Jureminha (%) após dois anos de cultivo em região tropical subúmida, conforme as densidades de plantio. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média	46
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Danos causados a Jureminha por ataque de psíldeos no período anterior à colheita de agosto/2019	52
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Capítulo 3 – Valor nutritivo de Jureminha manejada sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita

Figura 1. Balanço hídrico durante o período experimental (2017-2019) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC)	66
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Carboidratos totais, não fibrosos (A+B1) e frações B2 e C (% Matéria seca: MS) da forragem de Jureminha cultivada por dois anos em região tropical subúmida, conforme época de colheita. Médias seguidas de letras distintas, para cada fração, diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média	70
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. Frações A, B1+B2, B3 e C (% Proteína bruta: PB) da proteína da forragem de Jureminha cultivada por dois anos em região tropical subúmida, conforme época de colheita. Médias seguidas de letras distintas, para cada fração, diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média	71
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1	3
Revisão de Literatura.....	3
1. PERSPECTIVAS PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO PECUÁRIOS	4
2. PRINCIPAIS ATRIBUTOS DE LEGUMINOSAS E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS	5
3. UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS NATIVAS NA PECUÁRIA DO NORDESTE	9
3.1. POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO <i>Desmanthus</i>	11
4. DENSIDADE DE PLANTIO E ALTURA DE COLHEITA	15
5. REPETIBILIDADE.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 2	33
Morfologia, produtividade e sobrevivência de Jureminha sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT	34
1. INTRODUÇÃO.....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO.....	48
5. CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
CAPÍTULO 3	61
Valor nutritivo de Jureminha sob diferentes densidades de plantio, alturas e épocas de colheita.....	61
RESUMO.....	62
ABSTRACT	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
3. RESULTADOS	69
4. DISCUSSÃO.....	74
5. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE	87

INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas de pastagens degradadas ou improdutivas pode garantir a sustentabilidade da pecuária e contribuir para evitar o desmatamento de novas áreas. Contudo, a intensificação da produção nessas áreas, geralmente, está relacionada à fertilização química excessiva, com implicações para o meio ambiente (ZHANG et al., 2015). Esses aspectos renovam o interesse em incluir leguminosas nos sistemas de produção agropecuários (SAIA et al., 2016), buscando manter a função do ecossistema a longo prazo (WANG et al., 2021).

As leguminosas, que estabelecem simbiose de fixação de N_2 com bactérias diazotróficas, podem ser empregadas na recuperação de áreas degradadas (DUBEUX JR. et al., 2017), com melhorias resultantes do maior aporte de N e cobertura do solo, evitando erosão, com ciclagem de nutrientes de camadas mais profundas, aumento da matéria orgânica do solo por deposição de serapilheira e conservação de biodiversidade (BIANCO; CENZANO, 2018; EFROSE et al., 2018).

A utilização de leguminosas na alimentação animal é atribuída ao seu elevado teor de proteína, e embora apresentem velocidade de crescimento e produção de forragem por área inferior à de gramíneas tropicais, comumente possuem menor teor de fibras e maior velocidade de passagem (GOEL; MAKKAR, 2012). Desse modo, a utilização de leguminosas pode melhorar a qualidade da dieta animal, e isso pode proporcionar redução da metanogênese ruminal (ECKARD; GRAINGER; KLEIN, 2010).

A distribuição irregular da chuva influencia a produção de forragem, restringindo a produção pecuária (ROCHA FILHO et al., 2021), e ao considerar previsões de mudanças climáticas, as secas se tornarão mais intensas e frequentes (QUEIROZ et al., 2021). Nesse contexto, o cultivo de leguminosas forrageiras nativas que são adaptadas ecologicamente e que persistem em locais onde outras espécies encontram dificuldades, pode viabilizar a atividade pecuária em regiões com escassez hídrica, além de possibilitar a recuperação de áreas degradadas ou improdutivas.

É importante salientar que, embora leguminosas nativas tenham elevado teor de proteína, parte desta pode estar ligada à fibra, reduzindo a digestibilidade e evitando a obtenção de maior desempenho animal (SANTOS et al., 2010). Além disso, elas também costumam conter taninos (MUIR et al., 2019; SANTOS et al., 2019). Logo, torna-se essencial

a realização de estudos que avaliam o potencial produtivo dessas espécies, assim como práticas de manejo que podem potencializar a persistência, o rendimento e o valor nutritivo da forragem produzida por espécies nativas.

O *Desmanthus* é um gênero com espécies que toleram a seca, o que as tornam alternativas promissoras para a alimentação animal no Nordeste brasileiro. A *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung (Jureminha) é uma espécie capaz de fixar N em simbiose com microrganismos diazotróficos, apresenta tolerância à seca (FREITAS et al., 2011), é altamente selecionada por animais pastejando (SANTOS et al., 2008), podendo também ser utilizada em bancos de proteína, em sistemas integrados com gramíneas ou espécies agrícolas (sistemas *alley farming*) na fenação e como adubação verde, não sendo recomendado o pastejo pesado devido aos ramos frágeis e pontiagudos (COOK et al., 2020).

Densidades ideais de plantio podem controlar a incidência de pragas e doenças, a competição inter e intraespecífica, assim como regular a produção por área, alterar a arquitetura da planta e a eficiência fotossintética das folhas (LI et al., 2014; TAO et al., 2019). Por outro lado, cada colheita interfere no crescimento da planta e na sua habilidade competitiva dentro da população (LEMAIRE, 2001), uma vez que promove eliminação de meristemas, remove total ou parcialmente a área foliar e reduz a concentração dos carboidratos de reserva.

O entendimento de respostas morfológicas, produtivas e nutricionais, bem como da sobrevivência da Jureminha é importante para definir estratégias de manejo adequadas, contribuindo para otimizar a persistência e desempenho dessa espécie forrageira. Além do mais, a análise de repetibilidade permite determinar o número de medidas necessárias para que o valor real das variáveis-resposta seja estimado com a precisão desejada e com o mínimo de custo e mão de obra.

A hipótese foi de que a densidade de plantio e a altura de colheita em colheitas regulares promovem alterações na morfologia, produção, valor nutritivo e sobrevivência da Jureminha. Nesse contexto, objetivou-se avaliar como as densidades de plantio e alturas de colheita influenciam a sobrevivência, morfologia, produção e valor nutritivo da Jureminha cultivada em região tropical subúmida, nas condições da Zona da Mata de Pernambuco, bem como estimar o coeficiente de repetibilidade das características avaliadas.

CAPÍTULO 1

Revisão de Literatura

1. PERSPECTIVAS PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO PECUÁRIOS

A criação de animais é historicamente uma prática essencialmente importante para garantir a alimentação de famílias de baixa renda no mundo inteiro (FAO, 2016). Assegurar a alimentação da população mundial futuramente é um grande desafio quando são consideradas estimativas de que a população global ficará entre 8,5 e 8,6 bilhões em 2030; 9,4 e 10,1 bilhões em 2050 e entre 9,4 e 12,7 bilhões em 2100 (ONU, 2019).

O aumento da população representa um desafio para agropecuária global e ocasiona aumento da demanda por alimentos, pressionando ainda mais os recursos naturais do planeta (DUBEUX JR et al., 2011). No entanto, a sociedade e sua crescente preocupação ambiental têm demandado o desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes, sustentáveis e de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), de maneira que as perspectivas consolidem a tendência de intensificação e sustentabilidade da produção agropecuária (OECD-FAO, 2020).

A pecuária no Brasil constitui uma das principais atividades econômicas, respondendo por 32% do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, o que corresponde a 6,8% do PIB nacional (CEPEA-CNA, 2019). Além disso, é altamente competitiva no cenário mundial, por ser essencialmente baseada em pastagens e ter condições edafoclimáticas favoráveis, minimizando ou eliminando custos de colheita, transporte, armazenamento e alimentação dos animais.

A área agrícola brasileira total ocupada e em uso é de, aproximadamente, 30% (cerca de 255 milhões de hectares), com lavouras e florestas plantadas, ocupando 9%, pastagens plantadas cobrindo 13% e pastagens nativas que correspondem a 8% do território nacional (EMBRAPA, 2018). Um aumento da produção por unidade de área foi observado no país, com a redução da área ocupada por pastagens em 13,62% (-3.457.722 ha) entre os anos de 1995 e 2017 (IBGE, 1995/96; 2017).

As pastagens cultivadas no Brasil são, em sua maioria, implementadas com gramíneas do gênero *Urochloa*, que apresentam elevada rusticidade, produção de matéria seca e adaptação a ambientes de clima tropical (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2016). Contudo, o manejo inadequado dessas pastagens resulta em cenários de degradação. Estima-se que de cerca de 180 milhões de hectares de pastagens que o Brasil possui, 70% estejam

degradadas ou em processo de degradação, necessitando de recuperação (DIAS-FILHO, 2014).

Entre as potências mundiais, o Brasil é um dos poucos países que pode expandir suas fronteiras agrícolas com a salvaguarda dos remanescentes naturais, o que será possível com a incorporação de áreas degradadas, abandonadas ou subutilizadas, com aumento de produtividade e com integrações de produção vegetal e animal (OECD-FAO, 2020). A recuperação de áreas degradadas pode garantir a sustentabilidade da pecuária, além de contribuir para evitar o desmatamento de novas áreas.

Por outro lado, a falta de fertilização de manutenção constitui um dos principais fatores que resultam na degradação de pastagens em ambientes de clima quente (CASTILLO et al., 2013). Em decorrência desse fator, o aumento da produção em áreas como pastagens improdutivas e mal manejadas está, comumente, ligada ao uso de fertilizantes químicos e suas consequências prejudiciais para o meio ambiente (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Vale destacar que entre todos os nutrientes, a redução da disponibilidade de nitrogênio (N) é considerada o fator mais limitante para pastagens tropicais (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2016).

Em contrapartida, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados afeta o equilíbrio do ciclo do N nos solos, causa eutrofização devido à lixiviação do nitrato e tem contribuído para o aquecimento global, devido à perda de gases como N_2O (FUSTEC et al., 2011). Esses aspectos, aliados ao custo cada vez maior dos combustíveis fósseis necessários para sintetizar fertilizantes químicos, e à preocupação generalizada com a poluição ambiental e conservação de recursos, impulsionam um interesse renovado em reintroduzir leguminosas nos sistemas agropecuários (SAIA et al., 2016), buscando manter a função do ecossistema a longo prazo (WANG et al., 2021). Portanto, a reintrodução de leguminosas deve contribuir para minimizar o problema global de disponibilidade limitada de N, mitigando a degradação das pastagens e aumentando o sequestro de carbono do solo e da vegetação (MUIR et al., 2019).

2. PRINCIPAIS ATRIBUTOS DE LEGUMINOSAS E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

A família *Fabaceae* (syn. *Leguminosae*) compreende cerca de 770 gêneros e mais de 19.500 espécies com distribuição sobre ampla gama de condições ecológicas (LPWG, 2013).

A distribuição geograficamente ampla e ambientalmente diversa das leguminosas, aliada à sua capacidade de estabelecer simbiose para fixação de N_2 com bactérias de diferentes gêneros, coletivamente chamadas de rizóbios, no processo denominado fixação biológica de nitrogênio (FBN), determina que esta família de plantas possui um enorme potencial em reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados em sistemas agropecuários, recuperar áreas degradadas, conservar solo e biodiversidade, bem como ser utilizada na alimentação animal (BIANCO; CENZANO, 2018; EFROSE et al., 2018).

Leguminosas podem melhorar o suprimento de N para espécies associadas e culturas subsequentes em rotação (DHAMALA et al., 2017). As transferências do N fixado ocorrem abaixo e acima do solo, direta ou indiretamente para a planta mais próxima, seja por rizodeposição do N de leguminosas, conexão por micorrizas entre raízes da gramínea e leguminosas ou, ainda, por ação da fauna do solo sobre raízes e nódulos (FUSTEC et al., 2011; PIRHOFER-WALZL et al., 2012). A rizodeposição de N de leguminosas é responsável por, aproximadamente, 70% do N total abaixo do solo (rizodeposição de N + N da raiz) (ZANG et al., 2018), sendo que a rizodeposição média de N das leguminosas e sua transferência para culturas subsequentes é de 83 kg N ha^{-1} (WANG et al., 2021).

Quanto aos sistemas de pastejo, a transferência de N também pode ocorrer pela decomposição da serapilheira e excretas (fezes e urina) dos animais em pastejo (BARCELLOS et al., 2008). Além do N, as leguminosas também podem aumentar o estoque total de fósforo (P) disponível para outros componentes do ecossistema, de maneira que a simbiose tripla (leguminosa-rizóbio-micorriza) possibilita maior eficiência do sistema radicular de leguminosas na extração de P do que o de gramíneas (MUIR et al., 2019).

Além de representarem uma alternativa ecológica e de baixo custo em relação aos fertilizantes nitrogenados (FUSTEC et al., 2011; SAIA et al., 2016), leguminosas que realizam a FBN podem ser empregadas na recuperação de áreas degradadas (DUBEUX JR. et al., 2017), notadamente espécies com raízes profundas e adaptadas a solos de baixa fertilidade, com melhorias resultantes da cobertura do solo, reduzindo risco de erosão, aumento do aporte de N no solo, ciclagem de nutrientes de camadas mais profundas e aumento da matéria orgânica do solo por meio da produção de serapilheira (EFROSE et al., 2018).

A fertilização excessiva resulta em uma série de problemas ambientais (ZHANG et al., 2015). No que diz respeito às pastagens tropicais, a substituição do fertilizante nitrogenado, pelo menos parcialmente, por uma leguminosa pode reduzir a lixiviação de nitrato (evitando a contaminação das águas subterrâneas) e a eutrofização da água, como consequência do escoamento superficial (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Quanto à utilização de leguminosas na alimentação animal, a formação de pastagens consorciadas ou bancos de proteína com leguminosas forrageiras bem adaptadas às condições edafoclimáticas de regiões tropicais, pode diminuir a sazonalidade da produção de forragem verificada em pastos exclusivos de gramíneas (BARCELLOS et al., 2008).

A sazonalidade da produção e qualidade da forragem limitam a produtividade de rebanhos de ruminantes, especialmente quando a dieta é altamente fibrosa, baseada em gramíneas pobres em N e com baixa digestibilidade (SOLTAN et al., 2013; VANDERMEULEN et al., 2018). De acordo com Onyeonagu e Asiegbu (2013), as leguminosas forrageiras contêm mais proteína bruta (PB) e minerais do que as gramíneas tropicais e aumentam o consumo total de matéria seca dos animais, quando usadas como suplementos para dietas de baixo teor proteico. Dessa forma, as leguminosas podem constituir suplementos proteicos mais baratos do que os concentrados comerciais (NJARUI et al., 2011). Além do mais, esta característica pode ser particularmente significativa em consórcios com, ou como complemento, a gramíneas com níveis de PB frequentemente abaixo dos requisitos de manutenção dos ruminantes (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018).

Devido à FBN e ao maior valor nutritivo em comparação com as gramíneas tropicais (MUIR, 2011), as leguminosas podem otimizar a produtividade e a qualidade da forragem (CASTILLO et al., 2013), contribuindo para melhorar a qualidade da dieta e o desempenho animal (SILVA et al., 2010). Além da possibilidade de aumentar a rentabilidade do sistema de produção, esses fatores podem resultar em redução da metanogênese ruminal, uma vez que ruminantes alimentados com gramíneas tropicais podem produzir mais metano (CH_4 , potente gás do efeito estufa) do que quando alimentados com leguminosas (ECKARD; GRAINGER; KLEIN, 2010; GOEL; MAKKAR, 2012).

Reduzir a metanogênese ruminal torna-se um aspecto importante ao considerar que os ruminantes produzem cerca de 33% das emissões antropogênicas de CH_4 na atmosfera (WANAPAT et al., 2015), resultando em custos ambientais elevados, ao relacionar as emissões de CH_4 à unidade de alimentos produzida (ECKARD; GRAINGER; KLEIN, 2010).

No entanto, a emissão de CH₄ entérico não está relacionada apenas aos prejuízos ambientais, mas também a fatores relacionados à perda de eficiência na produtividade animal.

O CH₄ é um subproduto natural do processo digestivo dos ruminantes, em que as bactérias metanogênicas presentes no rúmen utilizam CO₂ e H₂ que se originam da fermentação microbiana da fibra vegetal para formar CH₄ e reduzir o acúmulo de H₂ no rúmen (BUDDLE et al., 2011). O CH₄ não é usado pelo animal e é eliminado para a atmosfera, ocasionando perda de 2 a 12% da energia bruta dos alimentos da dieta, energia que poderia ser redirecionada para a produção de leite e carne (WANAPAT et al., 2015).

Além da contribuição para as emissões de CH₄, as perdas de energia e de N são duas das mais significativas ineficiências nos sistemas de produção de ruminantes (ECKARD; GRAINGER; KLEIN, 2010). Dessa forma, visando sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis no futuro, algumas estratégias são sugeridas, dentre elas elevar o valor nutritivo da dieta dos rebanhos com introdução de leguminosas forrageiras (SCHADER et al., 2015; SANTOS et al., 2017). O uso de leguminosas na nutrição de ruminantes é principalmente devido ao seu alto conteúdo de proteína em relação às gramíneas tropicais (OLAFADEHAN; ADEWUMI; OKUNADE, 2014).

As leguminosas forrageiras, apesar de apresentarem menor produtividade, podem proporcionar menores teores de fibras, maior velocidade de passagem no rúmen e maiores quantidades de proteína degradável e não degradável do que as gramíneas tropicais (GOEL; MAKKAR, 2012). Além disso, leguminosas geralmente produzem metabólitos secundários como os taninos condensados (TC), que podem ser importantes para a proteção das plantas a estresses bióticos e abióticos (MUIR, 2011; OLIVEIRA et al., 2015), o que implica que essa família pode ter uma vantagem ecológica significativa sobre outras famílias de plantas (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018).

Vale ressaltar que, quando ofertados em elevadas concentrações na dieta, os TC podem reduzir a aceitabilidade e gerar efeitos antinutricionais em ruminantes (KRUEGER et al., 2010; NAUMANN, 2019). Mas teores de TC de 10 a 30 g.kg⁻¹ da matéria seca vegetal podem otimizar os efeitos benéficos desses compostos da planta para os ruminantes que as consomem (WOLFE; TERRIL; MUIR, 2008), incluindo redução das emissões de CH₄ ruminal (OLIVEIRA et al., 2022), uso eficiente de proteínas ingeridas (efeito *by-pass*) (SANTOS et al., 2017) e supressão de parasitas gastrointestinais (MUIR, 2011).

Em pesquisa realizada em clima tropical seco e úmido, GONZÁLEZ et al. (2012) avaliaram o ganho de peso diário (GPD) de novilhas em pastagens de *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster em monocultivo e consórcio com *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze. Os autores constataram que, antes do pastejo, o rendimento de matéria seca no monocultivo ($770 \pm 405 \text{ kg.ha}^{-1}$) era inferior ao do consórcio ($1.922 \pm 405 \text{ kg.ha}^{-1}$) e, após o pastejo, o GPD das novilhas foi de $580 \pm 278 \text{ g.dia}^{-1}$ no monocultivo, enquanto no consórcio atingiu $839 \pm 258 \text{ g.dia}^{-1}$. Tais resultados enfatizam que a produtividade por área e pelos animais pode ser substancialmente aumentada em sistemas de produção com pastagens de gramíneas por meio da inclusão de leguminosas.

A introdução de leguminosas exóticas para enriquecimento de pastagens nativas tem sido amplamente estudada em muitas partes do mundo, porém, o perigo de que essas leguminosas possam se tornar invasoras e que ameacem a biodiversidade local deve ser considerado (MUIR et al., 2019). Baixa aceitabilidade pelos animais e sementeira prolífica são fatores que contribuem para que uma espécie obtenha potencial de se tornar invasora (DRISCOLL et al., 2014).

Algumas leguminosas exóticas, por apresentarem adaptação às condições e elevada produção de sementes podem se tornar invasivas, como é o caso de *Prosopis juliflora* (Sw) DC. (CHRISTENSEN, 2019; HARRIS et al., 2019) e *Leucaena* sp. (SLATE et al., 2020). Isso sugere que a introdução de germoplasma de forrageiras exóticas seja cautelosa e que o foco deve ser direcionado para espécies nativas. A domesticação de leguminosas forrageiras nativas pode desempenhar um papel importante nos diferentes sistemas de produção pecuários, uma vez que essas espécies estão adaptadas ecologicamente, possibilitando a recuperação de áreas degradadas, além de promover grande diversidade (SANTOS et al., 2019).

3. UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS NATIVAS NA PECUÁRIA DO NORDESTE

Pastagens nativas ocupam, aproximadamente, 50% da área terrestre do mundo (MUIR et al., 2019). No Brasil, no biênio 1995/1996, as pastagens nativas representavam 43,93% das áreas nacionais ocupadas por pastagens; já em 2017, essa representação caiu para 29,53%, sendo que a região com maiores extensões ocupadas por pastagens nativas é a região Nordeste, com 12.051.433 ha (IBGE, 1995/96; 2017).

O Nordeste brasileiro cobre uma área de 1.552.167 km² (18,2% do território nacional), com uma população de 53.081.950 habitantes (27,8% da população brasileira), segundo o IBGE (2010; 2019). Nessa região ocorre o predomínio de pequenas propriedades rurais, onde a pecuária é especialmente importante, respondendo por mais de 75% do rebanho nacional de pequenos ruminantes, como caprinos e ovinos (IBGE, 2017). Considerando a crescente necessidade de produzir alimentos para os humanos e assegurar a alimentação dos rebanhos, existe um interesse progressivo em expandir o conhecimento sobre plantas forrageiras nativas dessa região (NUNES et al., 2015).

A vegetação nativa da região Nordeste do Brasil possui elevada diversidade e potencial para ser utilizada na alimentação de ruminantes (ARAÚJO FILHO, 2013). Devido à distribuição irregular das chuvas nessa região, essa vegetação apresenta-se como recurso forrageiro mais importante, logo, o cultivo de espécies nativas constitui alternativa importante para minimizar a sazonalidade na produção e qualidade da forragem verificada nessa região, especialmente porque as plantas já são adaptadas ecologicamente (SANTOS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2018).

A qualidade da dieta dos animais pode ser melhorada com a ingestão de maiores proporções de leguminosas, notadamente, na estação seca, uma vez que, nessa época, as gramíneas forrageiras geralmente apresentam baixo teor de proteína bruta e alto teor de fibras, resultando em baixa digestibilidade para os ruminantes (SILVA et al., 2017). No semiárido de Pernambuco, Ydoyaga-Santana et al. (2011), avaliando a dieta de novilhos em área de caatinga manipulada, observaram presença expressiva de leguminosas (em torno de 34,6%), enquanto a participação das gramíneas diminuiu com a redução da precipitação.

De acordo com Muir et al. (2019), leguminosas nativas do Nordeste brasileiro, como Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), Jurema preta [*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.], Mororó [*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud], *Stylosanthes* sp. e *Desmanthus* sp. podem ser alternativas para o enriquecimento das pastagens nativas, em termos de aumento na disponibilidade de forragem de alta qualidade para os ruminantes.

Contudo, a utilização mais eficiente da vegetação natural para a produção de ruminantes requer um maior conhecimento das espécies preferidas pelos animais em pastejo (OLIVEIRA et al., 2016). Santos et al. (2008) avaliaram a composição botânica da dieta de ovinos em pastagem nativa da região Nordeste e constataram a *Desmanthus virgatus* L. Willd.

como uma das espécies com altos índices de seletividade pelos animais. Existe um apelo crescente pela conservação da biodiversidade, e o cultivo de plantas nativas pode contribuir para preservar essa vegetação e mitigar a degradação dos biomas. Portanto, torna-se imprescindível a realização de estudos específicos visando avaliar o potencial produtivo dessas espécies, assim como o valor nutritivo.

Embora leguminosas nativas tenham elevado conteúdo de proteína bruta, parte desta pode estar ligada às frações fibrosas, resultando em baixa digestibilidade e constituindo um dos fatores nutricionais limitantes para a obtenção de maior desempenho animal (SANTOS et al., 2010). Ydoyaga-Santana et al. (2011) observaram, em área de caatinga manipulada, que a PB variou entre 15,4 e 17,5% da MS nos estratos arbustivos, com cerca de 62,3 a 64% dessa PB ligada à FDN e 34,2 a 36% da PB ligada à FDA.

Em pastagens nativas da Caatinga, Silva et al. (2017) constataram média de 12,97% de PB nos estratos arbustivos, com 77% dessa PB ligada a FDN e 74,9% ligada a FDA. Além disso, leguminosas forrageiras nativas também costumam conter taninos em sua composição, os quais têm a capacidade de formar complexos com proteínas, minerais e polímeros da dieta (hemicelulose, celulose e pectina) retardando a digestão (MUELLER-HARVEY et al., 2019; SANTOS et al., 2019; MUIR et al., 2019). De acordo com Silva et al. (2015), as concentrações de taninos condensados podem variar de 8 a 185 g.kg⁻¹ MS em *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. e *Stylosanthes humilis* Kunth, respectivamente.

3.1. POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Desmanthus*

O *Desmanthus* é um gênero da família *Fabaceae* (syn. *Leguminosae*) e subfamília *Caesalpinioideae*, que inclui cerca de 24 espécies espontaneamente disseminadas em regiões tropicais e subtropicais das Américas, capazes de tolerar fortes secas (FORNASERO et al., 2014; RANGEL; GARDINER; BURT, 2015), o que torna tais espécies alternativas promissoras para impulsionar a produção animal (MWANGI et al., 2019), em regiões como o Nordeste brasileiro.

Diversas espécies de *Desmanthus*, presentes em abundância nos trópicos, apresentaram potencial forrageiro, tendo relatos de estudos na Argentina (FORNASERO et al., 2014), Austrália (SUYBENG et al., 2020; BOSCHMA et al., 2021), Brasil (CALADO et al., 2016; MEDEIROS et al., 2020; DINIZ et al., 2021), Estados Unidos da América

(GONZALEZ; HUSSEY; ORTEGA, 2005), Índia (SONAWANE et al., 2019; IYANAR et al., 2021), México (NATERA et al., 2002) e Tailândia (SUKSOMBAT; BUAKEEREE, 2006). Gardiner (2016) e Van Leur et al. (2019) relataram a disponibilidade de cultivares comerciais australianas de espécies do gênero *Desmanthus*, como a cv. Marc (*D. virgatus*) e a cv. Progardes (composto de cinco cultivares de três espécies, entre os quais estão *D. leptophyllus* cv. JCU 1, *D. virgatus* cv. JCU 2 e *D. bicornutus* cv. JCU 4).

Segundo estudos taxonômicos de Luckow (1993) e da flora brasileira (MORIM; LIMA, 2015), são cinco as espécies nativas no Brasil, compostas de *Desmanthus leptophyllus* Kunth (Bahia, Ceará e Minas Gerais); *Desmanthus paspalaceus* (Lindm.) Burkart (Santa Catarina); *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung (Bahia, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Mato Grosso do Sul e Rio de Janeiro); *Desmanthus tatuhyensis* Hoehne (São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina); e *Desmanthus virgatus* (L.) Willd (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). Genótipos de *Desmanthus* sp., coletados na região semiárida pernambucana, com ocorrência em diferentes tipos de solo e ambientes (QUEIROZ, 2012), apresentam características morfológicas (CALADO et al., 2016; DINIZ et al., 2021) e produtivas (QUEIROZ et al., 2021) desejáveis para plantas forrageiras.

Na região Nordeste do Brasil, há predominância de *D. pernambucanus* (PENGELLY; LIU, 2001) que é uma espécie autógama ($2n = 26$ cromossomos), originária do Nordeste do Brasil (COSTA et al., 2017). De acordo com Cook et al. (2020), a *D. pernambucanus* é considerada espécie ideal para se estabelecer em bancos de proteína, com recomendações de uso em sistemas de corte, transporte e fornecimento aos animais; ramos e folhas podem ser utilizados para produção de feno e como cultura de cobertura e adubo verde, não sendo recomendado o pastejo pesado, devido aos ramos frágeis e pontiagudos. Ainda, segundo esses autores, a *D. pernambucanus* ocorre naturalmente em solos arenosos, rochosos, calcários e salinos, enquanto no cultivo tem crescido bem em ampla variedade de solos, desde argilosos até arenosos, com pH variando de 5 a 8, e não tolera solos mal drenados e com altos níveis de sombreamento, apesar de ser bastante tolerante à salinidade (MEDEIROS et al., 2020).

Em termos de morfologia, a *D. pernambucanus* é constituída por plantas com ciclo de vida entre dois e cinco anos, de porte herbáceo ou subarbustivo, hábito de crescimento variando de ereto a decumbente, com até 3,0 m de altura (Figura 1A), folhas paribipinadas,

nectários (glândulas) elípticos, achatados ou crateriformes, inseridos na ráquis entre o par inferior de pinas, flores esbranquiçadas (Figura 1B) e elevada produção de sementes (COOK et al., 2020). Dentre as vantagens de se utilizar leguminosas arbustivas, está o fato de que o sistema radicular destas pode penetrar em solos pesados e alcançar nutrientes e umidade em profundidades de solo que espécies herbáceas normalmente não podem alcançar, e sua menor altura em relação às espécies arbóreas torna-as mais facilmente acessíveis para o pastejo, bem como, para colheita e transporte (MUIR et al., 2019). Com relação ao desenvolvimento reprodutivo, a *D. pernambucanus* floresce o ano todo, com picos de floração em agosto (ALBUQUERQUE, 2017), sendo que, após o corte, o florescimento ocorre de 45 a 50 dias.

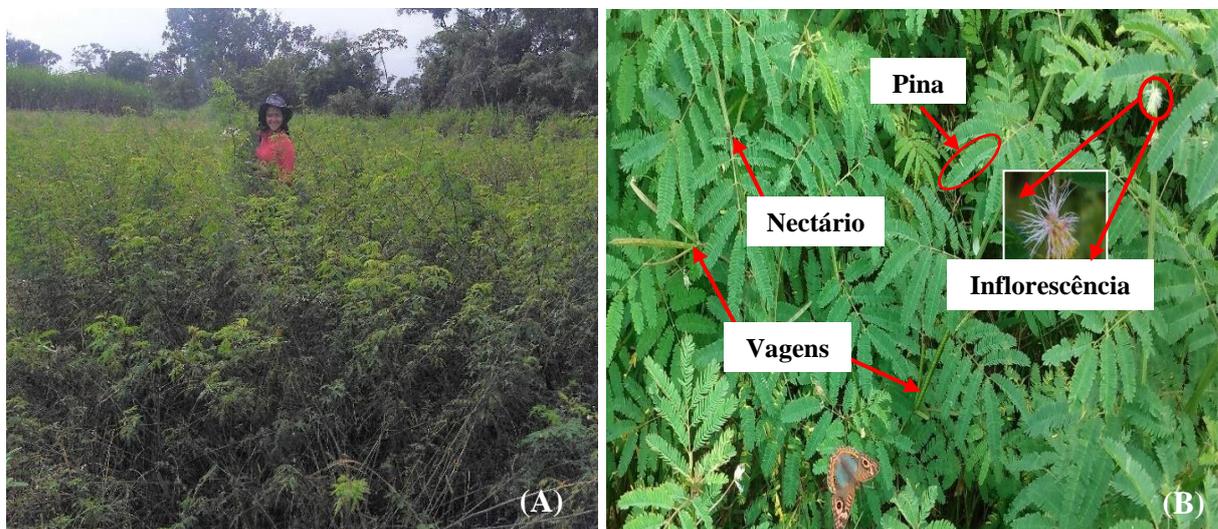


Figura 1. *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung. (A) Aspecto geral das plantas; (B) Nectário, Pina, Inflorescência e Vagens imaturas.

Espécies do gênero *Desmanthus* apresentam, em média, 202 g.kg⁻¹ de proteína bruta nas folhas, 119 g.kg⁻¹ nos ramos e 170 g.kg⁻¹ nas vagens (GARDINER et al., 2013). No entanto, Diniz et al. (2021) observaram que acessos de *Desmanthus* sp. apresentam altos teores de proteína associada à FDA (45,5 e 43,3% de PB para folhas e ramos, respectivamente), que representa a fração proteica associada à lignina, complexos tanino:proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis, ao longo do trato gastrointestinal dos ruminantes (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

O consórcio com gramíneas pode ser estabelecido entre fileiras de *D. pernambucanus*, no modelo de sistemas *alley cropping* (cultivo entre fileiras de árvores ou arbustos, geralmente leguminosas) por muitos anos, para conservação e melhoramento do solo, bem

como para alimentação dos animais (COOK et al., 2020). De acordo com Bellows (2019), práticas como *alley cropping*, corte e transporte (legumineira), e bancos de proteína foram projetadas para aumentar a produtividade e os lucros, ao mesmo tempo que reduzem a dependência de insumos externos do produtor, especialmente fertilizantes.

Por outro lado, Gardiner e Parker (2012) verificaram, na Austrália, que é possível obter incremento de 40 kg no ganho de peso vivo de novilhos em pastejo (90 dias) por meio da incorporação de Progardes™ *Desmanthus* em pastagens de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Já em estudo no Texas (EUA), Gonzalez, Hussey e Ortega (2005) estimaram o valor nutritivo de associações de *Panicum coloratum* L. com *Desmanthus illinoensis* (Michx.) MacM. ou *Desmanthus pubescens* (L.) Willd. e constataram que, aos 120 dias, as associações apresentaram maior rendimento de PB (404 ± 41 e 748 ± 47 kg.ha⁻¹, respectivamente) do que a gramínea em monocultivo (206 ± 18 kg.ha⁻¹). Dessa forma, esses autores sugerem que os animais pastejando associações de *P. coloratum* com *Desmanthus* podem se beneficiar nutricionalmente.

A incorporação de leguminosas forrageiras na dieta de ruminantes como uma forragem complementar pode melhorar o consumo de ração e reduzir os custos com concentrados (OLAFADEHAN; ADEWUMI; OKUNADE, 2014). Sonawane et al. (2019) exploraram as possibilidades de substituição da mistura de concentrado (formulada a partir dos ingredientes disponíveis localmente como milho e farelo de soja) por *D. virgatus* na dieta de cabras Osmanabadi em crescimento, por 90 dias, e verificaram que a inclusão de até 50% de *D. virgatus* para substituir o concentrado na dieta de cabras melhora o desempenho dos animais.

Desmanthus sp. comumente apresentam metabólitos secundários, como taninos condensados (TC), que, embora possam causar efeitos antinutricionais, também podem mitigar as emissões de CH₄ em sistemas de produção de pequenos e grandes ruminantes (VANDERMEULEN et al., 2018). Oliveira (2016) observou que a concentração e estrutura dos TC de uma mesma espécie varia conforme local e ano e, na *D. virgatus*, variou de 11,5 a 194,6 g.kg⁻¹, na Zona da Mata e Agreste de Pernambuco, respectivamente. Já Queiroz (2016) avaliou acessos de *D. pernambucanus* em ambiente tropical subúmido e constatou maiores teores de TC nas folhas do 7G (69,5 g.kg⁻¹), sendo verificado também que a redução da frequência de colheita de 75 para 120 dias ocasiona aumento de 26,6 para 78,3 g.kg⁻¹ nos teores de TC deste acesso.

Olafadehan, Adewumi e Okunade (2014), visando otimizar a produção de ruminantes sem causar efeitos deletérios à saúde dos animais, avaliaram cabritos machos (Red Sokoto) alimentados com dietas contendo diferentes proporções de forragem taninífera (leguminosa forrageira *Ficus polita* com 68 g.kg⁻¹ de TC) e concentrado (proporções de 700:300, 600:400 e 500:500 g.kg⁻¹ de forragem:concentrado). Os autores verificaram, em 84 dias, que a forragem taninífera pode ser incorporada até 700 g.kg⁻¹ na ração, sem comprometer o sistema imunológico corporal e a saúde dos animais.

Por outro lado, Vandermeulen et al. (2018) estudaram os efeitos na fermentação *in vitro* com fluido ruminal de três espécies de *Desmanthus* (*D. leptophyllus* cv. JCU 1, *D. virgatus* cv. JCU 2 e *D. bicornutus* cv. JCU 4), em comparação com feno de capim-de-rhodes (*Chloris gayana* Kunth), e verificaram que, em decorrência da presença de compostos secundários (como taninos), as leguminosas demonstraram potencial antimetanogênico, com a *D. bicornutus* reduzindo a produção de CH₄ em 26%, e *D. leptophyllus* em até 36%, em comparação com o feno da gramínea.

A *D. pernambucanus* é uma espécie que possui capacidade de realizar simbiose com microrganismos diazotróficos (FREITAS et al., 2011), com estimativas de fixação de cerca de 90,2 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (DINIZ, 2016). Além disso, *Desmanthus* também apresenta relação C/N dentro de uma faixa de equilíbrio de mineralização/imobilização, inferior à de gramíneas tropicais, que é uma característica importante das leguminosas (MUIR et al., 2019). Diniz (2016) observou baixa relação C:N (16,67:1), favorecendo a decomposição e mineralização do material vegetal de acessos de *Desmanthus* sp., enquanto Queiroz et al. (2021) observaram relação C:N média de 11,06:1 e 35,35:1, em folhas e ramos, respectivamente.

4. DENSIDADE DE PLANTIO E ALTURA DE COLHEITA

A sustentabilidade e a produtividade das pastagens tropicais podem ser influenciadas por uma série de fatores, entre eles, o manejo utilizado (SILVA et al., 2010). A densidade de plantio é um aspecto de manejo importante no estabelecimento de qualquer espécie forrageira, constituindo um dos principais fatores que afetam o crescimento das plantas (LI et al., 2014), podendo afetar suas características morfológicas e a composição química, sendo, portanto, determinante no rendimento e na qualidade da forragem produzida.

Nutrientes, água e luz são as três principais classes de recursos que limitam o crescimento das plantas e são considerados recursos pelos quais as plantas individuais competem (CRAINE; DYBZINSKI, 2013). A densidade de plantio é um dos aspectos de manejo que determina a eficiência da utilização desses recursos, regulando a produtividade e alterando a arquitetura da planta e a eficiência fotossintética das folhas (HUSSAIN et al., 2013).

Plantios mais adensados podem aumentar a taxa de crescimento das plantas e sua produtividade por área, além de poder proporcionar cobertura mais rápida do solo, reduzindo a competição com plantas indesejáveis (KOERITZ; WATKINS; EHLKE, 2015). No entanto, menores espaçamentos de plantio podem aumentar a competição por recursos e reduzir a produção de biomassa (LI et al., 2014).

Por outro lado, o maior espaçamento entre plantas pode resultar em aumento na produtividade por planta (STRECK et al., 2014). A utilização ineficiente dos recursos disponíveis pelas plantas, particularmente a radiação solar sob um espaçamento mais amplo e a competição intraespecífica severa em maiores densidades de plantio, direcionaram pesquisadores a otimizar o espaçamento adequado entre plantas, visando melhores rendimentos (HUSSAIN et al., 2012).

Quanto a sistemas de produção em pastejo, deve-se levar em conta que manipulações no arranjo populacional das plantas, ou seja, alterações na densidade de plantas por área e nos espaçamentos de plantio podem provocar mudanças na estrutura do dossel e, conseqüentemente, afetar o comportamento animal e os processos de apreensão de forragem por parte dos animais, que são fundamentais para maximizar a exploração das pastagens e os ganhos produtivos (RODRIGUES et al., 2019).

Outro aspecto importante no manejo das leguminosas forrageiras, que pode afetar a morfologia, o rendimento e qualidade da forragem é o manejo de colheita utilizado (CALADO et al., 2016). Cada ocasião de colheita representa uma interferência no crescimento da planta e na sua habilidade competitiva dentro da população (LEMAIRE, 2001). Diferentes respostas das plantas forrageiras ao manejo de colheita estão associadas a eliminação de meristemas, remoção da área foliar e redução dos carboidratos de reserva.

Menor altura de colheita aumenta a quantidade de biomassa removida, permitindo maior interceptação de luz para os demais pontos de crescimento; porém, esse manejo pode resultar em aumento do uso de compostos de reserva da planta após a colheita (DINIZ et al., 2021). No entanto, em colheitas muito intensas a rebrotação da planta forrageira pode ser prejudicada com a possibilidade de remoção total dos meristemas, além de haver demasiada redução da área foliar remanescente. Em contrapartida, quando as colheitas são pouco intensas, pode haver perdas na produção e qualidade da forragem produzida, devido ao aumento de material vegetal senescente.

Vale ressaltar a influência das respostas morfológicas da planta na arquitetura do dossel e em processos fisiológicos como a fotossíntese, que é fortemente influenciada pelas variações da interceptação de luz, o que, conseqüentemente, afeta o rendimento e a qualidade da forragem. Deste modo, a velocidade de rebrota de uma planta forrageira está, comumente, associada a atributos como índice de área foliar (IAF), teores de carboidratos de reserva presentes na planta antes da colheita, e localização dos meristemas. Tais aspectos ressaltam a importância da altura de colheita utilizada no manejo de sistemas de produção de forragem, apresentando efeitos cruciais na produção de matéria seca (CALADO et al., 2016), qualidade da forragem, persistência da planta forrageira e taxa de rebrota (SHEN et al., 2013).

Diversos são os estudos sobre densidade de plantio e altura de colheita para plantas forrageiras; entretanto, tratando-se de leguminosas arbustivas, poucos são aqueles que avaliam o potencial de espécies nativas. Em regiões áridas e semiáridas do Nordeste do México, Natera et al. (2002) avaliaram, em quatro colheitas, a produção de forragem de *D. virgatus* sob altura de colheita de 5 cm e diferentes densidades populacionais (30.000, 40.000, 60.000 e 80.000 plantas.ha⁻¹), e obtiveram maiores rendimentos acumulados com densidades de 60.000 e 80.000 plantas.ha⁻¹, sendo de 4,67 e 4,64 t.ha⁻¹, respectivamente.

Ao avaliar características morfogênicas e estruturais de Jureminha submetida a diferentes densidades de plantio (40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹) e alturas de colheita (20 e 40 cm) em região tropical subúmida, Costa (2020) encontrou taxas de expansão de copa mais elevadas na menor altura de colheita (0,88 cm.dia⁻¹) e menor densidade de plantio (0,92 cm.dia⁻¹). A autora observou que as densidades de plantio e a alturas de colheita modificaram as taxas de incremento na altura de planta, taxa de expansão de copa, diâmetro de caule, mas não alteraram características morfogênicas e estruturais de Jureminha.

Albuquerque (2017) avaliou acessos de *Desmanthus* sp. cultivados por 17 meses em região tropical subúmida, submetidos a duas alturas de colheita (40 e 80 cm) e verificou que o acesso 7G apresentou maior número de folhas por ramo (13,79) e número de ramos por planta (19 ramos.planta⁻¹), quando cortado a 80 cm, mas características produtivas desse acesso não foram afetadas pelas alturas de colheita, apresentando produções médias de folhas, ramos e total (folhas + ramos) de 387,6; 461,8 e 849,4 kg MS.ha⁻¹, respectivamente. A autora considerou uma densidade de plantio de 20.000 plantas.ha⁻¹ (1,0 m x 0,5 m) e estimou o N total acumulado (kg.ha⁻¹) na parte aérea das plantas, encontrando variações no teor de N de 13,8 a 18,8 g.kg⁻¹ nos ramos e de 37,7 a 46,5 g.kg⁻¹ nas folhas, independentemente do acesso ou altura de colheita.

Silva (2020) estudou o efeito de quatro intervalos de colheita (60, 90, 120 e 150 dias) sobre características morfológicas e produtividade de genótipos de *Desmanthus* sp. (7G; 31D; 13AU) cultivados com densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ (0,5 m x 0,5 m), por dois anos, em região tropical subúmida, colhidos a 20 cm de altura. Foi observado que o genótipo 7G produziu 2,41 t MS.ha⁻¹ por colheita, com produtividade anual chegando a 3,06 t MS.ha⁻¹. As plantas exibiram mais ramos no ano mais chuvoso e mantiveram as dimensões foliares no ano mais seco, ressaltando que esse genótipo pode apresentar melhor tolerância ao déficit hídrico.

Calado et al. (2016) cultivaram acessos de *Desmanthus* sp. sob irrigação no semiárido pernambucano, com densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ (0,5 m x 0,5 m), sendo realizados três cortes (frequência de 60 dias) a 20 e 40 cm de altura e constataram variabilidade nas características morfológicas, maior produção de forragem na colheita a 20 cm, obtendo produtividade de 1,10 t MS.ha⁻¹ com o acesso 7G. Já Diniz et al. (2021) avaliaram acessos de *Desmanthus* sp. em condições de sequeiro na Zona da Mata de Pernambuco, com densidade de 20.000 plantas.ha⁻¹ (0,5 m x 1,0 m), também realizando três cortes (frequência de 70 dias) a 40 e 80 cm de altura, e verificaram correlações significativas entre características morfológicas, produtivas e nutritivas, sendo que o acesso 7G apresentou maior produção (1,52 t MS.ha⁻¹) quando colhido a 80 cm. Isso sugere que as condições ambientais dos distintos locais de cultivo podem também interferir na morfologia, produção e qualidade da forragem produzida.

Ferreira (2021) avaliou os acessos 7G (*D. pernambucanus*) e 13AU (*D. virgatus*) com densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹, em região tropical subúmida, realizando quatro colheitas a cada 84 dias com altura de 40 cm e observou altura de plantas (113,3 cm), número de folhas

por ramo (12,6), comprimento e largura foliar (7,0 e 5,4 cm) superiores na quarta colheita, em que houve maior disponibilidade hídrica durante a rebrota das plantas, enquanto a relação folha/caule (0,56) foi inferior nessa colheita. Foi verificado também que o acesso 7G apresentou produção superior ao 13AU em 49%, constatando no acesso 7G os teores (g.kg^{-1} MS) de 133,7 de PB; 608,3 de FDN; 517 de FDA; 152,1 de lignina; 69,5 de proteína ligada a FDN e 72,2 de proteína ligada a FDA. Além disso, o manejo utilizado durante um ano de cultivo, resultou na manutenção de 64% do estande inicial de plantas.

Em estudo avaliando o valor nutritivo de acessos de *Desmanthus* sp., Queiroz (2016) utilizando densidade de 20.000 plantas. ha^{-1} (0,5 m x 1,0 m) constatou que o acesso 7G, colhido com intervalo de 75 dias, apresentou, respectivamente, nas folhas e ramos 393,03 e 468,7 g.kg^{-1} MS; 210,5 e 78,5 g.kg^{-1} de PB; DIVMS de 614,3 e 409,5 g.kg^{-1} MS. Enquanto que Diniz et al. (2021), em estudo similar, utilizando a mesma densidade de plantio, verificaram, respectivamente, nas folhas e ramos: 458,4 e 585,5 g.kg^{-1} MS; 235,1 e 117,8 g.kg^{-1} PB; DIVMS de 429,5 e 334,3 g.kg^{-1} MS. No entanto, não se conhece até o momento, avaliação de diferentes densidades populacionais no cultivo de *D. pernambucanus* cultivada e sua relação com produção e valor nutritivo da forragem.

De maneira geral, densidades ideais de plantas podem controlar com eficácia a incidência de pragas, doenças, ervas daninhas, otimizar a competição planta-planta por recursos, como espaço, umidade, nutrientes e luz, bem como melhorar o rendimento e a qualidade da forragem (LI et al., 2014; KHAN et al., 2017; TAO et al., 2019). Além disso, o entendimento das respostas da *D. pernambucanus* à colheita é importante para definir estratégias de manejo adequadas, contribuindo para otimizar a persistência e desempenho dessa espécie forrageira. Portanto, altura de colheita e densidade de plantio adequados são aspectos de manejo essenciais para que a espécie forrageira apresente elevada persistência, produção de forragem, bem como a qualidade desta para os animais.

5. REPETIBILIDADE

A repetibilidade é um parâmetro genético importante em estudos de melhoramento e no processo de avaliação de plantas forrageiras (JANK et al., 2014). Em programas de melhoramento genético, ao selecionar um genótipo, espera-se que as características sob seleção sejam expressas várias vezes ao longo da vida do indivíduo (SOARES et al., 2017). Assim, ao realizar avaliações sucessivas de tais características é possível estimar o coeficiente

de repetibilidade destas, ou seja, medir a probabilidade ou a capacidade dessas características se repetirem ao longo das avaliações (FLÔRES JUNIOR et al., 2018; FERREIRA et al., 2019).

O coeficiente de repetibilidade pode ser definido estatisticamente como a correlação entre as medidas sucessivas realizadas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações se repetiram no tempo ou no espaço (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). A razão fundamental para a importância da repetibilidade de uma perspectiva de melhoramento de plantas é seu efeito na resposta à seleção (WEBB et al., 2013). A repetibilidade expressa o valor máximo que a herdabilidade em sentido amplo pode atingir, uma vez que expressa a proporção da variância fenotípica total de um caráter que é atribuível às diferenças genéticas provocadas por variações nos genótipos e por modificações permanentes atribuídas ao ambiente comum que atuam sobre o indivíduo (MARTUSCELLO et al., 2015).

Quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do meio ambiente é minimizada, a repetibilidade fica mais próxima da estimativa da herdabilidade que é simplesmente definida como o progresso relativo esperado em relação ao material genético e a unidade de referência em termos de repetibilidade (HANSON, 1963). Portanto, o coeficiente de repetibilidade indica a capacidade do genótipo de repetir a expressão de uma característica em medidas sucessivas em um indivíduo e o coeficiente de determinação (R^2) denota a precisão na previsão do valor real de um genótipo individual (FIGUEIREDO et al., 2019).

A seleção de um genótipo superior de forrageiras é baseada na análise de características em medidas repetidas ao longo de várias colheitas, épocas e anos, mas quão repetível é o desempenho de um genótipo ao longo de várias colheitas (FERNANDES et al., 2017)? Ao fazer uso da análise de repetibilidade é possível determinar o número de medições necessárias para que o valor real da variável analisada seja estimado com a precisão desejada e com o mínimo de custo e mão de obra (COÊLHO et al., 2018). Essas informações são valiosas para programas de melhoramento, pois permitem estimar qual o menor ciclo de seleção possível e otimizar recursos humanos e financeiros para a pesquisa (RODRIGUES et al., 2020), reduzindo ou eliminando o tempo gasto além do necessário, ao mesmo tempo em que evitam que a medição seja insuficiente (FLÔRES JÚNIOR et al., 2018).

A repetibilidade varia em função da natureza da característica avaliada, das propriedades genéticas da população e das condições ambientais em que os indivíduos são

mantidos (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). Conforme Resende (2015), o coeficiente de repetibilidade (r) apresenta classificações distintas e auxiliam na tomada de decisão de quando pode-se utilizar com maior precisão. O autor determina a seguinte classificação para o coeficiente de repetibilidade, quando a repetibilidade é alta ($r \geq 0,6$), quando for média ($0,3 \leq r < 0,6$), e quando corresponde a uma repetibilidade baixa ($r \leq 0,3$).

Altos coeficientes de repetibilidade são desejados, pois estes são inversamente proporcionais ao número de medições necessárias, ou seja, à medida que o coeficiente de repetibilidade é aumentado, o número de avaliações necessárias para predizer o valor real de um indivíduo é reduzido (SOARES et al., 2017; RODRIGUES et al., 2020). Quando a repetibilidade é baixa, um grande número de medições será necessário para atingir um valor satisfatório de determinação (TORRES et al., 2016).

Ao aumentar o número de medidas realizadas para uma determinada variável, a variância temporária causada pelo ambiente é reduzida e, conseqüentemente, a variância fenotípica também é reduzida, otimizando a precisão do coeficiente de repetibilidade (CUNHA et al., 2021). Por outro lado, quando uma característica apresenta variância ambiental temporária baixa e alta repetibilidade, o aumento no número de medições realizadas pouco adicionará à inferência do valor genotípico individual (MARTUSCELLO et al., 2015).

A análise de repetibilidade é uma ferramenta indispensável para orientar os ensaios de melhoramento de forrageiras, e tem sido usada a fim de aumentar a eficiência dos métodos de seleção, sendo aplicada com sucesso para avaliar diversas características em leguminosas forrageiras como *Arachis* sp. (SIMEÃO et al., 2017), *Medicago sativa* L. (SOUZA-SOBRINHO et al., 2004), *Trifolium repens* L. (JAHUFER; GAWLER, 2000), *Stylosanthes* sp. (MIRANDA, 2013) e *Desmanthus* sp. (CUNHA et al., 2021).

Apesar da importância para o direcionamento dos programas de melhoramento genético, informações acerca da repetibilidade são escassas na literatura, no que se refere a plantas nativas que ainda requerem informações adicionais para melhorar a eficiência de seu uso. Assim, a fim de gerar informações relevantes para o melhoramento genético de *D. pernambucanus*, é importante determinar os coeficientes de repetibilidade e determinação em características morfológicas, produtivas e qualitativas de Jureminha, além de estimar o número mínimo de medições exigido para prever com precisão o valor real das características avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G.P. **Parâmetros genéticos e caracterização de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a diferentes intensidades de corte.** 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 92f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: 10 mai. 2021.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga.** Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. Disponível em: <http://portalsemear.org.br/publicacoes/manejo-pastoril-sustentavel-da-caatinga/>. Acesso em: 06 mai. 2020.
- BARCELLOS, A.D.O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.51-67, 2008. DOI: [10.1590/S1516-35982008001300008](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300008)
- BELLOWS, B.C. Tropical agroforestry: a diversity of practices and benefits. In **Legume perspectives**, v.17, p.7-9, 2019. Disponível em: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_17.pdf. Acesso em: jan. 2020.
- BIANCO, L.; CENZANO, A.M. Leguminosas nativas: estrategias adaptativas y capacidad para la fijación biológica de nitrógeno. Implicancia ecológica. **Idesia (Arica)**, v.36, n.4, p.71-80, 2018. DOI: [10.4067/S0718-34292018005002601](https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005002601)
- BOSCHMA, S.P. et al. *Medicago sativa* and *Desmanthus virgatus*: suitable perennial legumes in mixes with *Digitaria eriantha* in Australia during drought. **Crop and Pasture Science**, 2021. DOI: [10.1071/CP20291](https://doi.org/10.1071/CP20291)
- BUDDLE, B.M. et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal**, v.188, n.1, p.11-17, 2011. DOI: [10.1016/j.tvjl.2010.02.019](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.02.019)
- CALADO, T.B. et al. Morphology and productivity of “Jureminha” genotypes (*Desmanthus* spp.) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.742-752, 2016. DOI: [10.1590/1983-21252016v29n326rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n326rc)
- CASTILLO, M.S. et al. Strip planting a legume into warm-season grass pasture: Defoliation effects during the year of establishment. **Crop Science**, v.53, n.2, p.724-731, 2013. DOI: [10.2135/cropsci2012.08.0485](https://doi.org/10.2135/cropsci2012.08.0485)
- CEPEA-CNA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do Agronegócio Brasileiro – Dados de 1996 a 2019.** Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: ago. 2020.
- CHRISTENSEN, B. The Leucaena Network and The Leucaena Code of Practice. **Tropical Grasslands**, v.7, n.4, p.331-332, 2019. DOI: [10.17138/tgft\(7\)331-332](https://doi.org/10.17138/tgft(7)331-332)

- COÊLHO, J.J. et al. Prediction of the nutritional value of grass species in the semiarid region by repeatability analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.3, p.378-385, 2018. DOI: [10.1590/S0100-204X2018000300013](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000300013)
- COOK, B.G. et al. **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, 2020. Disponível em: http://tropicalforages.info/text/entities/desmanthus_bernambucanus.htm. Acesso em: ago. 2020.
- COSTA, J.C. et al. Genetic diversity of *Desmanthus* sp accessions using ISSR markers and morphological traits. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.2, 2017. DOI: [10.4238/gmr16029667](https://doi.org/10.4238/gmr16029667)
- COSTA, M.N.F. **Caracterização morfológica e estrutural de *Desmanthus bernambucanus* (L.) Thellung sob diferentes densidades de plantio e altura de colheita**. 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 51f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- CRAINE, J.M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, v.27, n.4, p.833-840, 2013. DOI: [10.1111/1365-2435.12081](https://doi.org/10.1111/1365-2435.12081)
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 668p.
- CUNHA, M.V. et al. Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus* sp. in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, e01937, 2021. DOI: [10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01937](https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01937)
- DHAMALA, N.R. et al. Highly productive forage legume stands show no positive biodiversity effect on yield and N₂-fixation. **Plant and Soil**, v. 417, n. 1-2, p. 169-182, 2017. DOI: [10.1007/s11104-017-3249-2](https://doi.org/10.1007/s11104-017-3249-2)
- DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p., 2014. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 402. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/986147>. Acesso em: ago. 2020.
- DINIZ, W.P.S. **Caracterização morfológica e nutricional de acessos de *Desmanthus* spp. 408 submetidos a duas intensidades de corte**. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 81f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: set. 2020.
- DINIZ, W.P.S. et al. Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforestry Systems**, v.95, n.3, p.571-581, 2021. DOI: [10.1007/s10457-021-00609-7](https://doi.org/10.1007/s10457-021-00609-7)

- DRISCOLL, D.A. et al. New pasture plants intensify invasive species risk. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 46, p. 16622-16627, 2014. DOI: [10.1073/pnas.1409347111](https://doi.org/10.1073/pnas.1409347111)
- DUBEUX JR., J.C.B. et al. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.supl. especial, p.280-290, 2011.
- DUBEUX JR., J.C.B. et al. Biological N₂ fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, v.57, n.2, p.1027-1038, 2017. DOI: [10.2135/cropsci2016.09.0810](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0810)
- ECKARD, R.J., GRAINGER, C.; KLEIN, C.A.M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. **Livestock Science**, v.130, n.1-3, p.47-56, 2010. DOI: [10.1016/j.livsci.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.010)
- EFROSE, R.C. et al. Molecular diversity and phylogeny of indigenous *Rhizobium leguminosarum* strains associated with *Trifolium repens* plants in Romania. **Antonie Van Leeuwenhoek (Gedrukt)**, v.111, n.1, p.135-153, 2018. DOI: [10.1007/s10482-017-0934-3](https://doi.org/10.1007/s10482-017-0934-3)
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. 212 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/intensificacao-e-sustentabilidade-dos-sistemas-de-producao-agricolas>>. Acesso em: ago. 2020.
- FAO - Food and Agriculture Organization. **State of the World's Forests 2016**. Forests and agriculture: land-use challenges and opportunities. Rome, Italy: 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: jan. 2018.
- FERNANDES, F.D. et al. Repeatability, number of harvests, and phenotypic stability of dry matter yield and quality traits of *Panicum maximum* Jacq. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n.2, p.149-155, 2017. DOI: [10.4025/actascianimsci.v39i2.32915](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i2.32915)
- FERREIRA, M.L.S. **Caracterização de acessos de *Desmanthus* em resposta à adubação fosfatada**. 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 47f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: 22 set. 2021.
- FERREIRA, M.R. et al. Repeatability and genotypic stability of agronomic characteristics in *Panicum maximum* Jacq. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.79, n.4, p.547-556, 2019. DOI: [10.4067/S0718-58392019000400547](https://doi.org/10.4067/S0718-58392019000400547)
- FERREIRA, R.P. et al. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.994-1002, 1999. DOI: [10.1590/S0100-204X1999000600010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000600010)
- FIGUEIREDO, U.J. et al. Evaluating early selection in perennial tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n.3, p.291-299, 2019. DOI: [10.1590/1984-70332019v19n3a41](https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n3a41)

- FLÔRES JUNIOR, P.C. et al. Repeatability and genetic dissimilarity using biometric traits of black wattle seeds. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.2, p.333-337, 2018.
- FORNASERO, L.V. et al. Phenotypic, molecular and symbiotic characterization of the rhizobial symbionts of *Desmanthus paspalaceus* (Lindm.) Burkart that grow in the Province of Santa Fe, Argentina. **Plos One**, v.9, n.8, p.e104636, 2014. DOI: [10.1371/journal.pone.0104636](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104636)
- FREITAS, A.D.S. et al. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1856-1861, 2011. DOI: [10.1590/S1516-35982011000900003](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900003)
- FUSTEC, J. et al. Nitrogen rhizodeposition of legumes. **Sustainable Agriculture**, v.2, p.869-881, 2011. DOI: [10.1007/978-94-007-0394-0_38](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_38)
- GARDINER. C.; PARKER A.J. Steer liveweight gains on Progardes *Desmanthus*/buffel pastures in Queensland. In ‘**Proceedings of Second Joint Conference of the New Zealand Society of Animal Production and the Australian Society of Animal Production**’. Lincoln University, Christchurch, New Zealand, 2012.
- GARDINER, C.P.; KEMPE, N.; HANNAH, I.; MCDONALD, J. PROGARDES TM: a legume for tropical/subtropical semi-arid clay soils. **Tropical Grasslands**, v. 1, n. 1, p. 78-80, 2013. DOI: [10.17138/TGFT\(1\)78-80](https://doi.org/10.17138/TGFT(1)78-80)
- GARDINER C.P. Developing and commercializing new pasture legumes for clay soils in the semi-arid rangelands of northern Australia: The new *Desmanthus* cultivars JCU 1–5 and the Progardes story. In ‘**Tropical forage legumes. Harnessing the potential of Desmanthus and other genera for heavy clay soils**’. (Eds JR Lazier, N Ahmad) pp. 283–304. CABI: Boston, MA, USA, 2016.
- GOEL, G.; MAKKAR, H.P. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, n.4, p.729-739, 2012. DOI: [10.1007/s11250-011-9966-2](https://doi.org/10.1007/s11250-011-9966-2)
- GONZÁLEZ, M. A. et al. Effect of grazing *Cratylia argentea* associated with *Brachiaria brizantha*-Toledo on quality pasture and weight gain in Holstein×Zebu heifers. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.15, n.2., p.1-11, 2012.
- GONZALEZ, E.A.; HUSSEY, M.A.; ORTEGA, J.A. Nutritive value of *Desmanthus* associated with Kleingrass during the establishment year. **Rangeland Ecology & Management**, v.58, n.3, p.308-314, 2005. DOI: [10.2111/1551-5028\(2005\)58%5b308:NVODAW%5d2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58%5b308:NVODAW%5d2.0.CO;2)
- HANSON, W. D., 1963. Heritability, in **Statistical Genetics and Plant Breeding**, edited by W. D. Hanson and H. F. Robinson. Pub. 982, pp. 125–139, National Academy of Science-National Research Council, Washington, DC.
- HARRIS, C. et al. Leucaena shows potential in Northern Inland New South Wales, Australia. **Tropical Grasslands**, v.7, n.2, p.120-126, 2019. DOI: [10.17138/tgft\(7\)120-126](https://doi.org/10.17138/tgft(7)120-126)

- HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.221, p.125-131, 2016. DOI: [10.1016/j.agee.2016.01.024](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024)
- HUSSAIN, M. et al. Narrow row spacing ensures higher productivity of low tillering wheat cultivars. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 14, n. 3, 2012.
- HUSSAIN, M. et al. Optimizing row spacing in wheat cultivars differing in tillering and stature for higher productivity. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 59, n. 11, p. 1457-1470, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2012.725937>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 1995/96**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=748>>. Acesso em: ago. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9748&t=downloads>>. Acesso em: ago. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>>. Acesso em: ago. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas territoriais 2019**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=downloads&c=1>>. Acesso em: ago. 2020.
- IYANAR, K. et al. A high biomass yielding legume fodder variety *Desmanthus* CO 2 suited for all states of India. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.12, n.1, p.137-141, 2021. DOI: [10.37992/2021.1201.020](https://doi.org/10.37992/2021.1201.020)
- JAHUFER, M.Z.Z.; GAWLER, F.I. Genotypic variation for seed yield components in white clover (*Trifolium repens* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, n.6, p.657-663, 2000. DOI: [10.1071/AR99135](https://doi.org/10.1071/AR99135)
- JANK, L. et al. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop & Pasture Science**, v.65, n.11, p.1132-1137, 2014. DOI: [10.1071/CP13319](https://doi.org/10.1071/CP13319)
- KHAN, S. et al. Optimization of nitrogen rate and planting density for improving yield, nitrogen use efficiency, and lodging resistance in oilseed rape. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.532, 2017. DOI: [10.3389/fpls.2017.00532](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00532)
- KOERITZ, E. J.; WATKINS, E.; EHLKE, N. J. Seeding rate, row spacing, and nitrogen rate effects on perennial ryegrass seed production. **Crop Science**, v.55, n.5, p.2319-2333, 2015. DOI: [10.2135/cropsci2014.02.0130](https://doi.org/10.2135/cropsci2014.02.0130)
- KRUEGER, W.K. et al. Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet.

- Animal Feed Science Technology**, v.159, n.1-2, p.1-9, 2010. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2010.05.003](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.003)
- LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: International Grassland Congress, 19. **Proceedings...** São Pedro - SP: FEALQ, p.29-37, 2001.
- LI, X.Y. et al. Planting density and irrigation timing affects *Cleistogenes songorica* seed yield sustainability. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1690-1696, 2014. DOI: [10.2134/agronj14.0111](https://doi.org/10.2134/agronj14.0111)
- LICITRA, G.; HERNANDEZ T.M.; VAN SOEST P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LPWG - Legume Phylogeny Working Group. Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades. **Taxon**, v.62, n.2, p.217–248, 2013. DOI: [10.12705/622.8](https://doi.org/10.12705/622.8)
- LUCKOW, M. Monograph of *Desmanthus* (Leguminosae-Mimosoideae). **Systematic Botany Monographs**, v.38, 166p., 1993. DOI: [10.2307/25027822](https://doi.org/10.2307/25027822)
- MARTUSCELLO, J.A. et al. Repeatability and phenotypic stabilization of *Panicum maximum* accessions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.37, n.1, p.15-21, 2015. DOI: [10.4025/actascianimsci.v37i1.23206](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i1.23206)
- MEDEIROS, A.S. et al. Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v.69, n.265, p.54-64, 2020. DOI: [10.21071/az.v69i265.5039](https://doi.org/10.21071/az.v69i265.5039)
- MIRANDA, S.B. **Divergências morfológicas em *Stylosanthes* spp. ocorrentes em Pernambuco**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 56f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: set. 2021.
- MORIM, M.P.; LIMA, H.C. *Desmanthus* em **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18496>>. Acesso em: ago. 2020.
- MUIR, J.P. The multi-faceted role of condensed tannins in the goat ecosystem. **Small Ruminant Research**, v. 98, n. 1-3, p. 115-120, 2011. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2011.03.028](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.028)
- MUIR, J.P. et al. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.2, p.1-12, 2019. DOI: [10.5039/agraria.v14i2a5648](https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5648)
- MUELLER-HARVEY, I. et al. Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition. **Crop Science**, v. 59, n. 3, p. 861-885, 2019. DOI: [10.2135/cropsci2017.06.0369](https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0369)

- MWANGI, F.W. et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics. **Foods**, v.8, n.12, p.648, 2019. DOI: [10.3390/foods8120648](https://doi.org/10.3390/foods8120648)
- NATERA, F.Z. et al. Rendimiento y composición química del forraje de Huizachillo (*Desmanthus virgatus* L. var. *depressus* Willd) bajo condiciones de cultivo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.25, n.3, p.317-320, 2002.
- NAUMANN, H.D. Nutritive and anti nutritive factors of leguminous forage trees and shrubs. In **Legume perspectives**, v.17, p.26-29, 2019. Disponível em: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_17.pdf. Acesso em: jan. 2020.
- NJARUI, D.M.G. et al. Feeding management for dairy cattle in smallholder farming systems of semi-arid tropical Kenya. **Livestock Research for Rural Development**, v.23, n.5, 2011. DOI: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd23/5/njar23111.htm>
- NUNES, A.T. et al. Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.11, n.1, p.12, 2015. DOI: [10.1186/1746-4269-11-12](https://doi.org/10.1186/1746-4269-11-12)
- OECD-FAO - Organisation for Economic Co-operation Development - Food and Agriculture Organization. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029**, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris, 2020. DOI: [10.1787/1112c23b-en](https://doi.org/10.1787/1112c23b-en)
- OLAFADEHAN, O.A.; ADEWUMI, M.K.; OKUNADE, S.A. Effects of feeding tannin-containing forage in varying proportion with concentrate on the voluntary intake, haematological and biochemical indices of goats. **Trakia Journal of Sciences**, v.12, n.1, p.73, 2014.
- OLIVEIRA, O.F. **Caracterização da vegetação espontânea, atividade biológica de taninos condensados e seletividade de ovinos em pastagens nativas**. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 136f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- OLIVEIRA, O.F. et al. Season and rainfall gradient effects on condensed tannin concentrations of woody rangeland species. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.1, p.165-169, 2015. DOI: [10.5039/agraria.v10i1a4329](https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a4329)
- OLIVEIRA, O.F. et al. Botanical composition of Caatinga rangeland and diets selected by grazing sheep. **Tropical Grasslands**, v.4, n.2, p.71-81, 2016. DOI: [10.17138/tgft\(4\)71-81](https://doi.org/10.17138/tgft(4)71-81)
- OLIVEIRA, O.F. et al. Chemical composition of hays of the Caatinga shrub legumes mororó and sabiá from different parts of the plant. **Tropical Grasslands**, v.6, n.2, p.111-116, 2018. DOI: [10.17138/tgft\(6\)111-116](https://doi.org/10.17138/tgft(6)111-116)
- OLIVEIRA, O.F. et al. Condensed tannins bioactivity and nutritional value of *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud. under sheep grazing and different forage allowances. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.100, p.104359, 2022. DOI: [10.1016/j.bse.2021.104359](https://doi.org/10.1016/j.bse.2021.104359)

- ONU - Organização das Nações Unidas, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights** (ST/ESA/SER.A/423). Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/Publications/>>. Acesso em: ago. 2020.
- ONYEONAGU, C.C.; ASIEGBU, J.E. Harvest frequency effect on plant height, grass tiller production, plant cover and percentage dry matter production of some forage grasses and legumes in the derived savannah, Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, n.7, p.608-618, 2013. DOI: [10.5897/JAERD2015.0709](https://doi.org/10.5897/JAERD2015.0709)
- PENGELLY, B.C.; LIU, C.J. Genetic relationships and variation in the tropical mimosoid legume *Desmanthus* assessed by random amplified polymorphic DNA. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 48, n. 1, p. 91-99, 2001.
- PIRHOFER-WALZL, K. et al. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. **Plant and Soil**, v.350, n.1-2, p.71-84, 2012. DOI: [10.1007/s11104-011-0882-z](https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z)
- QUEIROZ, I.V. **Ocorrência e germinação de sementes de *Desmanthus* sp. coletadas no semiárido Pernambucano**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 80f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: jun. 2020.
- QUEIROZ, I.V. **Variabilidade genética e caracterização morfológica, produtiva e qualitativa de acessos de *Desmanthus* spp.** 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 167f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: jun. 2020.
- QUEIROZ, I.V. et al. Respostas na biomassa e químicas de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a privação de água. **Revista Caatinga**, v.34, n.4, p.937-944, 2021. DOI: [10.1590/1983-21252021v34n421rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n421rc)
- RANGEL, J.H.A.; GARDINER, C.P.; BURT, R.L. Dormancy releasing mechanisms in soil seed banks of *Desmanthus* genotypes. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.90-99, 2015.
- RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema. 463p., 2015.
- RODRIGUES, E.V. et al. Repeatability estimates and minimum number of evaluations for selection of elephant-grass genotypes for herbage production. **Bioscience Journal**, v.36, n.1, 2020. DOI: [10.14393/BJ-v36n1a2020-42075](https://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42075)
- RODRIGUES, L.S. et al. Comportamento ingestivo de novilhas de corte em pastagem de sorgo forrageiro implantada com diferentes arranjos populacionais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.6, p.2025-2033, 2019. DOI: [10.1590/1678-4162-10026](https://doi.org/10.1590/1678-4162-10026)

- SAIA, S. et al. Mediterranean forage legumes grown alone or in mixture with annual ryegrass: biomass production, N₂ fixation, and indices of intercrop efficiency. **Plant and Soil**, v.402, n.1-2, p. 395-407, 2016. DOI: [10.1007/s11104-016-2837-x](https://doi.org/10.1007/s11104-016-2837-x)
- SANTOS, G.R.A. et al. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1876-1883, 2008. DOI: [10.1590/S1516-35982008001000023](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000023)
- SANTOS, K.C. et al. Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Livestock Science**, v.195, n.1, p.118-124, 2017. DOI: [10.1016/j.livsci.2016.12.002](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.12.002)
- SANTOS, M.V.F. et al. Native shrub-tree legumes of tropical America with potential for domestication. In **Legume perspectives**, v.17, p.33-35, 2019. Disponível em: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_17.pdf. Acesso em: Janeiro de 2020.
- SANTOS, M.V.F. et al. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.204-215, 2010.
- SCHADER, C. et al. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. **Journal of the Royal Society Interface**, v.12, n.113, 2015. DOI: [10.1098/rsif.2015.0891](https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891)
- SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands**, v.6, n.1, p.1-14, 2018. DOI: [10.17138/tgft\(6\)1-14](https://doi.org/10.17138/tgft(6)1-14)
- SHEN, Y. et al. Effects of cutting height on shoot regrowth and forage yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in a short-term cultivation system. **Grassland Science**, v.59, n.2, p.73-79, 2013. DOI: [10.1111/grs.12014](https://doi.org/10.1111/grs.12014)
- SILVA, D.L.S. et al. Chemical composition of Caatinga potential forages species. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.18, n.3, p.267-272, 2015.
- SILVA, L.S. **Respostas morfológicas e produtivas de genótipos de *Desmanthus* a intervalos de corte na Zona da Mata de Pernambuco**. 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 79f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- SILVA, M.J.D.S. et al. Influence of the period of year on the chemical composition and digestibility of pasture and fodder selected by goats in caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.18, n.3, p.402-416, 2017. DOI: [10.1590/s1519-99402017000300001](https://doi.org/10.1590/s1519-99402017000300001)
- SILVA, V.J.D. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.97-102, 2010. DOI: [10.1590/S1516-35982010000100013](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100013)
- SIMEÃO, R. M. et al. Forage peanut (*Arachis* spp.) genetic evaluation and selection. **Grass and Forage Science**, v.72, n.2, p.322-332, 2017. DOI: [10.1111/gfs.12242](https://doi.org/10.1111/gfs.12242)

- SLATE, M.L. et al. Exotic *Prosopis juliflora* suppresses understory diversity and promotes agricultural weeds more than a native congener. **Plant Ecology**, v.221, p.659-669, 2020. DOI: [10.1007/s11258-020-01040-1](https://doi.org/10.1007/s11258-020-01040-1)
- SOARES, B. C. et al. Repetibilidade de características físicas e químicas em frutos de pequi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n.2, 2017. DOI: [10.1590/0100-29452017181](https://doi.org/10.1590/0100-29452017181)
- SOLTAN, Y.A. et al. Contribution of condensed tannins and mimosine to the methane mitigation caused by feeding *Leucaena leucocephala*. **Archives of Animal Nutrition**, v.67, n.3, p.169-184, 2013. DOI: [10.1080/1745039X.2013.801139](https://doi.org/10.1080/1745039X.2013.801139)
- SONAWANE, A.S. et al. Effect of feeding Hedge Lucerne (*Desmanthus virgatus*) on intake, growth performance and body condition score in growing Osmanabadi goats. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.89, n.8, p.881-884, 2019.
- SOUZA-SOBRINHO, F. et al. Estimativas de repetibilidade para produção de matéria seca em alfafa. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.531-537, 2004. DOI: [10.1590/S0103-84782004000200030](https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200030)
- STRECK, N.A. et al. Effect of plant spacing on growth, development and yield of cassava in a subtropical environment. **Bragantia**, v.73, n.4, p.407-415, 2014. DOI: [10.1590/1678-4499.0159](https://doi.org/10.1590/1678-4499.0159)
- SUKSOMBAT, W.; BUAKEEREE, K. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of hedge lucerne (*Desmanthus virgatus*). **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 1, p. 31-34, 2006. DOI: [10.5713/ajas.2006.31](https://doi.org/10.5713/ajas.2006.31)
- SUYBENG, B. et al. Supplementing Northern Australian beef cattle with *Desmanthus* tropical legume reduces in-vivo methane emissions. **Animals**, v.10, n.11, p.2097, 2020. DOI: [10.3390/ani10112097](https://doi.org/10.3390/ani10112097)
- TAO, Q. et al. Optimizing between-row and within-row spacing for *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) seed production. **Industrial Crops and Products**, v. 139, p. 111490, 2019. DOI: [10.1016/j.indcrop.2019.111490](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111490)
- TORRES, F.E. et al. Number of cuts for estimating forage productivity in *P. maximum*. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, 2016. DOI: [10.14393/BJ-v32n1a2016-29307](https://doi.org/10.14393/BJ-v32n1a2016-29307)
- VANDERMEULEN, S. et al. *In vitro* assessment of ruminal fermentation, digestibility and methane production of three species of *Desmanthus* for application in northern Australian grazing systems. **Crop and Pasture Science**, v.69, n.8, p.797-807, 2018. DOI: [10.1071/CP17279](https://doi.org/10.1071/CP17279)
- VAN LEUR, J. et al. Alfalfa mosaic virus infects the tropical legume *Desmanthus virgatus* in Australia and the potential role of the cowpea aphid (*Aphis craccivora*) as the virus vector. **Australasian Plant Disease Notes**, v.14, n.1, p.3, 2019. DOI: [10.1007/s13314-019-0335-8](https://doi.org/10.1007/s13314-019-0335-8)

- WANAPAT, M. et al. Dietary sources and their effects on animal production and environmental sustainability. **Animal Nutrition**, v.1, n.3, p.96-103, 2015. DOI: [10.1016/j.aninu.2015.07.004](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.07.004)
- WANG, X. et al. Nitrogen rhizodeposition by legumes and its fate in agroecosystems: A field study and literature review. **Land Degradation & Development**, v.32, n.1, p.410-419, 2021. DOI: [10.1002/ldr.3729](https://doi.org/10.1002/ldr.3729)
- WEBB, Stephen L. et al. Estimates of variance components and repeatability for total forage yield in rye: implications for breeding. **Plant Breeding**, v.132, n.6, p.580-585, 2013. DOI: [10.1111/pbr.12115](https://doi.org/10.1111/pbr.12115)
- WOLFE, R. M.; TERRIL, T.H.; MUIR, J.P. Drying method and origin of standard affect condensed tannin (CT) concentrations in perennial herbaceous legumes using simplified butanol-HCl CT analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, n.6, p.1060-1067, 2008. DOI: [10.1002/jsfa.3188](https://doi.org/10.1002/jsfa.3188)
- YDOYAGA-SANTANA, D.F. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.69-78, 2011. DOI: [10.1590/S1516-35982011000100010](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000100010)
- ZANG, H. et al. Contrasting carbon and nitrogen rhizodeposition patterns of soya bean (*Glycine max* L.) and oat (*Avena nuda* L.). **European Journal of Soil Science**, v.69, n.4, p.625-633, 2018. DOI: [10.1111/ejss.12556](https://doi.org/10.1111/ejss.12556)
- ZHANG, X. et al. Managing nitrogen for sustainable development. **Nature**, v.528, n.7580, p.51-59, 2015. DOI: [10.1038/nature15743](https://doi.org/10.1038/nature15743)

CAPÍTULO 2

Morfologia, produtividade e sobrevivência de Jureminha sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita

RESUMO

O uso de leguminosas constitui importante estratégia para alimentação animal, notadamente na época seca do ano. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes densidades de plantio (40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹) e alturas de colheita (20 e 40 cm) sobre a morfologia, produtividade e sobrevivência de Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung), cultivada em região tropical subúmida, bem como a estimativa da repetibilidade das características avaliadas. Os tratamentos experimentais foram casualizados em blocos, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Densidades de plantio foram avaliadas nas parcelas e alturas de colheita nas subparcelas. Oito colheitas foram realizadas com intervalo de 84 dias. Foram avaliadas características morfológicas, produtivas e a sobrevivência. Plantas colhidas a 40 cm apresentam maiores alturas (81,4 cm). O cultivo sob densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ permitiu a obtenção de plantas mais altas, com índice de área foliar (IAF: 0,98), interceptação luminosa (IL: 49%) e produções individual (18,8 g MS.planta⁻¹) e por área (576,5 kg MS.ha⁻¹.colheita⁻¹) superiores, mesmo proporcionando menor diâmetro de copa (DCO: 87,9 cm) e estande final mais reduzido (66%). A relação folha/ramo (RFR) foi superior em dezembro/2018 (1,44) e fevereiro/2020 (1,34). Alturas de colheita não afetam produtividade e sobrevivência. Cultivo mais adensado permite maior produtividade e reduz a sobrevivência. A Jureminha tem potencial para uso em legumineiras, sendo colhida, conservada e fornecida adicionalmente aos animais, mas os produtores devem esperar flutuações mensal e anual na produtividade. É possível reduzir o número de medições para diâmetro de caule, número de folíolos por folha (R²=95%), altura de plantas, DCO, IAF, IL, comprimento e largura foliar, número de folhas por ramo, diâmetro de ramo e RFR (R²=90%), otimizando recursos em futuras pesquisas com Jureminha.

Palavras-chave: *Desmanthus pernambucanus*. Espaçamento de plantio. Forragem; Intensidade de corte. Leguminosa nativa.

ABSTRACT

The use of legumes is an important strategy for animal feeding, especially during the dry season of the year. The aim of this study was to evaluate the effect of different planting densities (40,000; 15,625 and 10,000 plants.ha⁻¹) and harvest heights (20 and 40 cm) on the morphology, yield and survive of Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung), cultivated in subhumid tropical region, as well as the estimation of the repeatability of the evaluated characteristics. The experimental treatments were randomized in blocks, with subdivided plots and four repetitions. Planting densities were evaluated in the plots, and the harvest heights in the subplots. Eight harvests were carried out with an interval of 84 days. Morphological and productive characteristics and survival were evaluated. Plants harvested at 40 cm have greater heights (81.4 cm). Cultivation under a density of 40,000 plants.ha⁻¹ allowed to obtain taller plants, with higher leaf area index (LAI: 0.98), light interception (LI: 49%) and individual yields (18.8 g DM.plant⁻¹) and by area (576.5 kg DM.ha⁻¹.harvest⁻¹), even providing a smaller canopy diameter (CD: 87.9 cm) and a final stand (66%) more reduced. The leaf/branch ratio (LBR) was higher in December/2018 (1.44) and February/2020 (1.34). Harvest heights do not affect yield and survival. Denser cultivation allows for greater yield and reduces survival. Jureminha has potential for use in protein banks, being harvested, conserved and supplied in addition to animals, but producers must expect monthly and annual fluctuations in yield. It is possible to reduce the number of measurements for stem diameter, number of leaflets per leaf (R²=95%), plant height, CD, LAI, LI, leaf length and width, number of leaves per branch, branch diameter and LBR (R²=90%), optimizing resources for future research with Jureminha.

Keywords: Cutting intensity. *Desmanthus pernambucanus*. Forage. Native legume. Spacing of planting.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição irregular das chuvas influencia a produção e qualidade da forragem, restringindo a produção pecuária (ROCHA FILHO et al., 2021) e, ao considerar previsões de mudanças climáticas, as secas se tornarão mais intensas e frequentes (LIU et al., 2021; QUEIROZ et al., 2021). Nesse contexto, o cultivo de espécies nativas que apresentam elevada capacidade de adaptação a tais condições, que persistem em locais onde outras espécies encontram dificuldades, pode viabilizar a atividade pecuária em regiões com escassez hídrica (CABRERA et al., 2016), além de possibilitar a recuperação de áreas em degradação ou improdutivas.

Leguminosas forrageiras nativas podem ser empregadas na recuperação de áreas improdutivas, aumentar o aporte de nitrogênio no solo, além de promover diversidade (DUBEUX JR. et al., 2017; SANTOS et al., 2019). A Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung) é uma leguminosa subarbutiva, autógama, originária do Nordeste do Brasil (COSTA et al., 2017). Esta espécie é capaz de associar-se simbioticamente com bactérias diazotróficas e fixar nitrogênio atmosférico no solo, apresenta tolerância a seca (FREITAS et al., 2011), é altamente selecionada por animais pastejando (SANTOS et al., 2008), além de ser recomendada para utilização em bancos de proteína, em sistemas integrados com gramíneas ou espécies agrícolas (sistema *alley cropping*) e como adubação verde, não sendo recomendado o pastejo pesado, devido aos ramos frágeis e pontiagudos (COOK et al., 2020).

Práticas de manejo podem potencializar a persistência, o rendimento e a qualidade da forragem produzida por espécies nativas. A densidade de plantio determina a eficiência da utilização de recursos como nutrientes, água e luz, alterando a morfologia e regulando persistência e produtividade. Cultivos mais adensados podem aumentar a taxa de crescimento das plantas e sua produção por área, além de poder proporcionar cobertura mais rápida do solo, reduzindo a competição com plantas daninhas, por outro lado, plantios menos adensados podem reduzir a competição intraespecífica e resultar em aumento na produção por planta (TAO et al., 2019). Outro aspecto importante no manejo de plantas forrageiras é a altura de colheita, pois, quando muito intensas, podem prejudicar a rebrota com remoção dos meristemas e reduzir demasiadamente a área foliar remanescente, enquanto colheitas pouco intensas podem ocasionar perdas na produção e qualidade da forragem.

Calado et al. (2016) cultivaram acessos de *Desmanthus* sp. sob irrigação no semiárido pernambucano, com densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ (0,5 m x 0,5 m), sendo realizados três cortes (frequência de 60 dias) a 20 e 40 cm de altura e constataram variabilidade nas características morfológicas, maior produção de forragem na colheita a 20 cm, obtendo produtividade de 1,10 t MS.ha⁻¹ com o acesso 7G. Já Diniz et al. (2021) avaliaram acessos de *Desmanthus* sp. em condições de sequeiro na Zona da Mata de Pernambuco, com densidade de 20.000 plantas.ha⁻¹ (0,5 m x 1,0 m), também realizando três cortes (frequência de 70 dias) a 40 e 80 cm de altura, e verificaram correlações significativas entre características morfológicas, produtivas e nutritivas, sendo que o acesso 7G apresentou maior produção (1,52 t MS.ha⁻¹), quando colhido a 80 cm. Isso sugere que as condições ambientais dos distintos locais de cultivo podem também interferir na morfologia, produção e qualidade da forragem produzida.

Em programas de melhoramento genético, ao selecionar um genótipo, espera-se que as características sob seleção sejam expressas várias vezes ao longo do tempo (SOARES et al., 2017). A análise de repetibilidade permite medir a capacidade das características se repetirem ao longo das avaliações (FERREIRA et al., 2019), sendo aplicada para determinar o número de medições necessárias para que o valor real da variável analisada seja estimado com a precisão desejada e com o mínimo de custo e mão de obra (COÊLHO et al., 2018).

O nível de resposta dos vegetais a fatores ambientais e de manejo pode ser medido em termos de características morfológicas que, por sua vez, podem afetar a produtividade e sobrevivência das plantas. Dessa maneira, a hipótese neste estudo foi que a redução da densidade de plantio e da altura de colheita, em colheitas regulares, promove alterações na morfologia, produtividade e sobrevivência da Jureminha. Assim, objetivou-se avaliar como as densidades de plantio e alturas de colheita influenciam a sobrevivência, características morfológicas e produtivas da Jureminha, nas condições da Zona da Mata de Pernambuco, bem como estimar o coeficiente de repetibilidade das características avaliadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina-PE, Zona da Mata Norte do estado. O tipo climático é subúmido, segundo a classificação de Thornthwaite (SILVA; MOURA; KLAR, 2014), com precipitação

pluvial média em torno de 1.174 mm anuais, temperatura média de 24,5 °C, latitude de 7°51'S, longitude 35°14'W e altitude de 180 m.

Foram utilizadas sementes do acesso 7G da espécie *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung, coletado no município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco (classificada pelo herbário do Instituto Agronômico de Pernambuco, IPA, Fomento Internacional do Brasil LTDA, FIB, nº 02/2012). A produção de mudas foi realizada em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da UFRPE, utilizando-se bandejas de poliestireno expandido, preenchidas com substrato formulado com solo, sendo semeadas três sementes em cada célula.

Antes da semeadura, foi realizada escarificação das sementes por imersão em solução de ácido sulfúrico (COOK et al., 2020). Após 15 dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para sacos plásticos e, posteriormente (07/12/2017), implantadas na área experimental. Em consequência dos baixos índices pluviométricos no período de estabelecimento das mudas no campo experimental, as plantas foram regadas no primeiro mês após o plantio, sendo realizadas duas capinas e o uso de formicida em pó, quando necessário.

O solo da área experimental foi classificado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), como Argissolo amarelo de textura franco arenosa que corresponde a Ultisol (SOIL SURVEY STAFF, 2014). A fertilidade do solo foi analisada em laboratório do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Brasil, apresentando na camada de 0-20 cm de profundidade as seguintes características químicas: pH (H₂O) 5,7; P (Mehlich-1) = 19 mg.dm⁻³; K = 0,065 cmol_c.dm⁻³; Na = 0,045 cmol_c.dm⁻³; Ca = 2,55 cmol_c.dm⁻³; Mg = 0,75 cmol_c.dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c.dm⁻³; soma de bases = 3,41 cmol_c.dm⁻³ e matéria orgânica = 2,77 g.kg⁻¹. Antes do plantio, o solo da área experimental foi preparado com aração e gradagem. Na correção da fertilidade do solo foi realizada adubação de fundação com 50 e 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, seguindo recomendações de Cavalcanti et al. (2008) para Leucena, em decorrência da ausência de tais informações na literatura acerca de Jureminha.

Os tratamentos experimentais consistiam das densidades de 40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹ (espaçamentos de 0,5 m x 0,5 m; 0,8 m x 0,8 m e 1,0 m x 1,0 m) e das alturas de colheita (20 e 40 cm). O estudo foi realizado em arranjo de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo as densidades de plantio

avaliadas nas parcelas e alturas de colheita nas subparcelas. A área experimental continha 748 m² (22 m x 34 m), com subparcelas de 16 m² (4 m x 4 m) espaçadas entre si por 2 m, e a parcela principal de 40 m² (4 m x 10 m) (Apêndice, Figura 1).

Decorridos 127 dias do transplântio (13/04/2018), as plantas foram submetidas à aplicação das alturas de colheita. Em seguida, foram realizadas, com cutelo, oito colheitas utilizando frequência de 84 dias (julho, outubro e dezembro/2018, março, junho, agosto e novembro/2019 e fevereiro/2020). A área experimental foi capinada após a realização de cada colheita. Foi realizada adubação de cobertura (50 e 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente) e reestabelecimento do estande de plantas por replântio de mudas após a colheita de março/2019. Durante o período experimental (dezembro de 2017 a fevereiro de 2020), em média, a umidade relativa do ar foi de 81%, com temperatura de 27 °C e precipitação de 76 mm.mês⁻¹, de modo que o balanço hídrico (CAMARGO; CAMARGO, 2000) é apresentado na Figura 1.

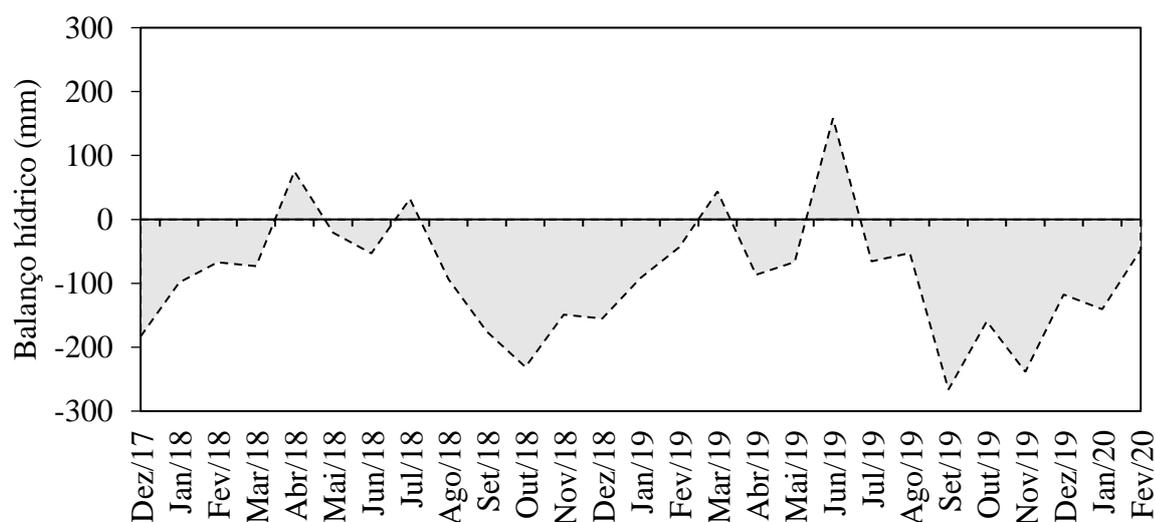


Figura 1. Balanço hídrico durante o período experimental (2017-2020) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC).

A sobrevivência foi avaliada comparando-se o estande inicial de plantas (100%) com o estande ao final de cada ano de cultivo (1º ano: março/2019 e 2º ano: fevereiro/2020). As avaliações morfológicas foram realizadas nos dias que antecederam as colheitas, nas quatro plantas centrais de cada subparcela, sendo as seguintes características estudadas: altura da planta, diâmetro da copa (DCO), comprimento de ramo (CR), comprimento e largura foliar (CF e LF), mensuradas com trena métrica; diâmetro do caule (DCA) e do ramo (DR) com uso

de paquímetro; número de ramos por planta (NRP), folhas por ramo (NFR) e folíolos por folha (NFF), mediante contagem.

A altura da planta foi obtida do nível do solo ao ápice das plantas, sem esticar os ramos; o DCO foi obtido pela média aritmética de medidas tomadas em dois eixos perpendiculares na copa da planta; o DCA foi obtido na parte basal da planta, 1 cm acima do solo. Foram escolhidos dois ramos representativos da planta, em que foram mensurados o CR, medido da base dos respectivos ramos até seus ápices; o DR logo após sua base; o NRP e NFR. O CF, LF e NFF foram obtidos de duas folhas centrais de cada ramo representativo. Para índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) utilizou-se analisador de dossel LI-COR modelo LAI 2000 (LI-COR, 1992), realizando-se uma leitura de referência acima e três leituras abaixo do dossel (nível do solo), todas sob radiação difusa (céu encoberto, início da manhã ou final da tarde), conforme recomendações do manual do equipamento.

Quanto às características produtivas, foram estimadas as produções de folhas (PF), ramos (PR) e vagens (PV), além das produções de forragem (folhas + ramos; PFOR), de biomassa total (vagens + forragem; PBT) e de biomassa por planta (PBP), sendo determinada também a relação folha/ramo (RFR), obtida a partir da divisão do valor do peso seco da fração folha pelo da fração ramo. Essas características foram avaliadas após a colheita de todas as plantas de cada subparcela, com o material vegetal coletado e pesado imediatamente para obtenção da massa fresca. Posteriormente, o material foi fracionado em folhas, ramos e vagens (com sementes), e submetido a pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 55 °C, até atingir peso constante. Após esse período, o material foi pesado para obtenção do peso pré-seco e, em seguida, a fim de estimar as características produtivas mencionadas, foram determinados os teores de matéria seca (MS) de cada uma das frações, de acordo com a *Association of Official Agricultural Chemists International* (AOAC, 2019).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) usando o PROC MIXED do SAS/STAT® 14.1 (SAS, 2015). Objetivando atender à premissa de normalidade dos resíduos para ANOVA, os dados de DCA foram transformados para $1/x^2$; IAF, NFR e produção de vagens para \sqrt{x} , enquanto CR, RFR, PF, PR, PFOR, PBT e PBP foram transformados para $\log(x)$. Foram considerados os efeitos dos blocos experimentais (efeito aleatório), densidades de plantio, alturas de colheita e suas interações como efeito fixo. Colheitas foram consideradas como medidas repetidas ao longo do tempo. O método dos mínimos quadrados (LSMEANS) foi utilizado para comparar as médias entre as densidades

de plantio e colheitas, por PDIFF ajustado para o teste de Tukey ($p < 0,05$). O teste F ($p < 0,05$) foi usado para comparar as alturas de colheita.

O coeficiente de repetibilidade foi estimado com base no método da análise de variância (ANOVA) descrito por Cruz, Carneiro e Regazzi (2014), utilizando-se o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + \varepsilon_{ij}$, onde: Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ : média geral; g_i : efeito aleatório do i -ésimo tratamento sob influência do ambiente permanente ($i = 1, 2, \dots, p$); a_j : efeito fixo do j -ésimo ambiente; ga_{ij} : efeito de interação do i -ésimo tratamento com o j -ésimo ambiente; e ε_{ij} : erro aleatório envolvendo outras causas de variação não incluídas no modelo. Neste modelo, o coeficiente de repetibilidade (r) para cada característica foi obtido por:

$$r = \frac{\text{Côv}(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij}) \hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_Y^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma^2 + \sigma_g^2}$$

A classificação dos coeficientes de repetibilidade foi realizada conforme Resende (2015), sendo repetibilidade baixa ($r \leq 0,3$); repetibilidade média ($0,3 < r < 0,6$) e alta repetibilidade ($r \geq 0,6$). A estimativa do número mínimo de medições necessárias nas características avaliadas para estimar seu valor real (η_0), com base em coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), foi obtido por: $\eta_0 = [R^2(1 - r)] / [(1 - R^2)r]$. Com base na média de η colheitas ($\eta = 8$) e na estimativa de r , o R^2 foi calculado de acordo com a expressão: $R^2 = \eta r / [1 + r(\eta - 1)]$, onde η é o número de medições necessárias e r é o coeficiente de repetibilidade. A análise de repetibilidade foi realizada usando o *software* GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS

As alturas de colheitas não afetaram as produções de folhas ($126,7 \pm 12,3$ kg MS.ha⁻¹; $p=0,949$), ramos ($208,8 \pm 22,8$ kg MS.ha⁻¹; $p=0,8795$), vagens ($36,8 \pm 4,9$ kg MS.ha⁻¹; $p=0,6749$), forragem ($335,5 \pm 34,3$ kg MS.ha⁻¹; $p=0,9397$), biomassa total ($370,7 \pm$ kg MS.ha⁻¹; $p=0,9384$), biomassa por planta ($12,1 \pm 1,1$ g MS; $p=0,9384$), relação folha/ramo ($0,89 \pm 0,04$; $p=0,5936$), nem a sobrevivência ($94 \pm 1\%$; $p=0,4482$) das plantas de Jureminha.

Contudo, para o número de ramos por planta (NRP) houve interação ($p < 0,0001$) altura de colheita x colheita, sendo observado que, em julho e outubro/2018, plantas submetidas ao

corte a 40 cm de altura apresentaram número de ramos superior ao de plantas cortadas a 20 cm de altura (Tabela 1). Plantas colhidas a 20 cm de altura apresentaram-se mais ramificadas em junho e agosto/2019, enquanto as colhidas a 40 cm de altura obtiveram maior NRP em outubro/2018 e junho/2019.

Tabela 1. Número de ramos por planta de Jureminha em região tropical subúmida, conforme alturas de colheita e colheitas realizadas.

Colheita	Altura de colheita (cm)	
	20	40
Julho/2018	13 Bde	21 Ac
Outubro/2018	20 Bbc	32 Aa
Dezembro/2018	17 Acd	21 Ac
Março/2019	19 Ac	22 Abc
Junho/2019	26 Aab	27 Aab
Agosto/2019	27 Aa	25 Abc
Novembro/2019	13 Ade	11 Ad
Fevereiro/2020	7 Ae	7 Ad
Média	18	21
Erro padrão da média	1,99	

Médias seguidas de letras iguais na coluna (minúsculas) para cada altura de colheita, e na linha (maiúsculas) para cada colheita, não diferem entre si pelos testes Tukey e F ($p \geq 0,05$), respectivamente.

Em relação à altura da planta, verificou-se efeito ($p=0,0199$) da altura de colheita isoladamente (Figura 2) e da interação ($p=0,0151$) densidades de plantio x colheitas (Tabela 2). Plantas colhidas a 40cm apresentaram maiores alturas. A redução da densidade de plantio de 40.000 para 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹ diminuiu a altura de plantas de Jureminha na colheita de julho/2018 (Tabela 2). Todavia, nas colheitas subsequentes, as alturas de planta não diferiram quanto às densidades de plantio. Plantas com menores alturas foram observadas nas colheitas na época seca.

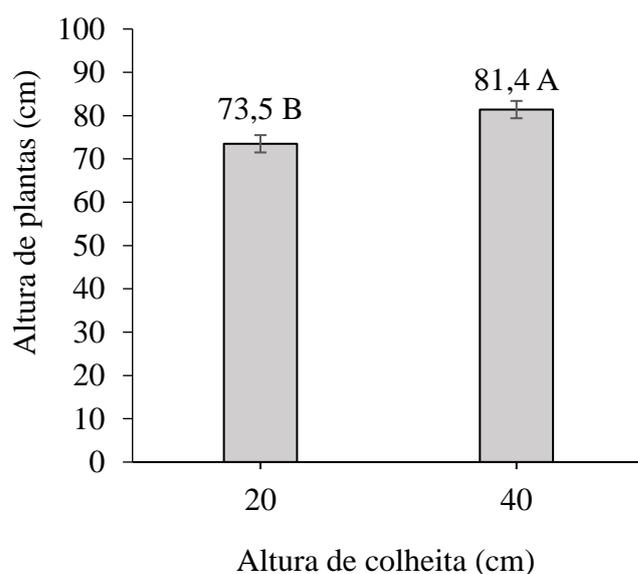


Figura 2. Altura de plantas de Jureminha em região tropical subúmida, conforme alturas de colheita.

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média.

Diâmetro de copa, IAF, IL e todas as características produtivas foram afetadas pelas densidades de plantio (Tabela 3). A menor densidade resultou em plantas com menor altura e maior diâmetro de copa (Tabelas 2 e 3), ou seja, crescimento mais aberto, enquanto o plantio mais adensado ($40.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$) promoveu maior altura, menor diâmetro de copa, além de IAF e IL superiores. Além disso, a redução do adensamento de 40.000 para $10.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ afetou negativamente as características produtivas, promovendo reduções de 68, 70, 44, 69, 67 e 67% na produção de folhas, ramos, vagens, forragem, biomassa total e biomassa por planta, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2. Altura de plantas de Jureminha em região tropical subúmida, conforme densidades de plantio e colheitas realizadas.

Colheita	Densidade de plantio (plantas.ha ⁻¹)		
	40.000	15.625	10.000
Julho/2018	125,7 Aa	101,9 Bab	100,5 Ba
Outubro/2018	57,5 Ac	56,2 Acd	53,1 Acd
Dezembro/2018	46,8 Ac	47,5 Ad	45,8 Ad
Março/2019	80,8 Ab	87,1 Ab	82,0 Ab
Junho/2019	120,1 Aa	114,2 Aa	113,7 Aa
Agosto/2019	88,8 Ab	80,4 Ab	91,5 Ab
Novembro/2019	62,3 Ac	65,1 Ac	66,8 Abc
Fevereiro/2020	53,4 Ac	52,5 Acd	53,2 Acd
Média	79,4	75,6	75,8
Erro padrão da média	4,7		

Médias seguidas de letras iguais na coluna (minúsculas) para cada densidade de plantio, e na linha (maiúsculas) para cada colheita, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 3. Características morfológicas e produtivas de Jureminha em região tropical subúmida, conforme densidades de plantio.

⁽¹⁾ Característica	Densidade de plantio (plantas.ha ⁻¹)			<i>p</i>	⁽²⁾ EPM
	40.000	15.625	10.000		
DCO (cm)	87,9 B	106,3 AB	111,1 A	0,0409	6,3
IAF	0,98 A	0,67 B	0,72 B	0,0003	0,03
IL (%)	49 A	39 B	42 B	0,0022	2,0
PF (kg MS.ha ⁻¹)	194,4 A	122,9 A	62,9 B	<0,0001	0,16
PR (kg MS.ha ⁻¹)	334,5 A	192,4 A	99,4 B	<0,0001	0,18
PV (kg MS.ha ⁻¹)	47,6 A	31,5 AB	26,7 B	0,0227	0,42
PFOR (kg MS.ha ⁻¹)	528,9 A	315,2 A	162,2 B	<0,0001	0,17
PBT (kg MS.ha ⁻¹)	576,5 A	346,7 AB	189,0 B	<0,0001	0,17
PBP (g MS)	18,8 A	11,3 AB	6,2 B	<0,0001	0,17

⁽¹⁾ DCO: Diâmetro da copa; IAF: Índice de área foliar; IL: Interceptação luminosa; PF: Produção de folhas; PR: Produção de ramos; PV: Produção de vagens; PFOR: Produção de forragem (folhas + ramos); PBT: Produção de biomassa total (folhas + ramos + vagens); PBP: Produção de biomassa por planta.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); ⁽²⁾ EPM: Erro padrão da média.

Diâmetro de copa, IAF, IL, comprimento e largura foliar, número de folíolos por folha (NFF), número de folhas por ramo (NFR), comprimento de ramo (CR) e diâmetro de ramo e de caule (DR e DCA), bem como as características produtivas avaliadas também foram afetados ($p < 0,0001$) pelas colheitas de forma isolada (Tabela 4). Comprimento e largura foliar, diâmetro de copa, IAF e IL foram inferiores durante as colheitas realizadas em outubro e dezembro/2018, novembro/2019 e fevereiro/2020. Número de folíolos por folha, NFR e CR foram superiores nas colheitas realizadas em julho/2018 e junho/2019.

Maiores DR foram constatados em julho/2018, junho e agosto/2019. Em contrapartida, foi observado incremento no DCA de julho/2018 a fevereiro/2020. Nas colheitas realizadas em épocas chuvosas (julho/2018, março, junho e agosto/2019), foram observadas as maiores produções de folhas, ramos, forragem, biomassa total e biomassa por planta (Tabela 4). A produção de vagens foi inferior nas colheitas de dezembro/2018, agosto/2019 e fevereiro/2020. Ressalta-se que a relação folha/ramo foi superior a 1 nas colheitas realizadas em dezembro/2018 e fevereiro/2020.

Ao comparar o estande inicial com o observado ao final do primeiro ano de cultivo (março/2019), observou-se que a sobrevivência da Jureminha não foi afetada pelas densidades de plantio ($p = 0,4609$), nem pelas alturas de colheita ($p = 0,6478$), apresentando média de $96 \pm 1\%$. Em contrapartida, quando a comparação foi realizada entre o estande inicial e o estande verificado ao final do segundo ano de cultivo (fevereiro/2020), constatou-se que a sobrevivência da Jureminha foi afetada ($p < 0,0001$) pelas densidades de plantio (Figura 3), observando-se que o estande inicial de plantas (100%) foi reduzido em 34; 14 e 10% nos cultivos com 40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 4. Características morfológicas e produtivas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida, conforme colheitas realizadas.

⁽¹⁾ Característica	Colheita								⁽²⁾ EPM	Média
	Jul/18	Out/18	Dez/18	Mar/19	Jun/19	Ago/19	Nov/19	Fev/20		
DCO (cm)	142,0 B	84,4 D	60,5 E	106,4 C	163,0 A	107,2 C	86,5 D	64,3 E	5,2	101,8
IAF	1,02 ABC	0,71 CD	0,28 E	0,76 BCD	1,18 A	1,06 AB	0,68 D	0,60 D	0,05	0,79
IL (%)	53 A	39 B	20 C	45 AB	58 A	58 A	35 B	36 B	3,0	43
CF (cm)	8,2 A	4,3 D	3,8 D	6,5 C	7,9 AB	7,1 BC	4,0 D	2,6 E	0,3	6,2
LF (cm)	7,7 A	3,8 D	4,1 D	6,0 B	7,3 A	7,1 A	2,6 E	5,1 C	0,2	5,5
NFF	9 A	7 D	6 D	8 BC	9 AB	7 D	7 CD	7 CD	0,2	8
NFR	22 A	13 B	10 B	12 B	22 A	13 B	11 B	12 B	0,2	14
CR (cm)	92,8 A	35,8 C	18,7 D	53,1 B	89,5 A	54,0 B	50,8 B	34,1 C	0,1	53,6
DR (mm)	3,2 A	1,8 B	1,0 C	1,9 B	3,3 A	2,9 A	2,1 B	2,2 B	0,1	2,3
DCA (mm)	9,7 D	10,5 D	10,1 D	10,4 D	12,7 C	13,4 BC	14,5 AB	14,7 A	0,4	12,0
RFR	0,53 D	0,85 B	1,44 A	0,79 B	0,55 CD	0,83 BC	0,82 BC	1,34 A	0,04	0,89
										Total
PF (kg MS ha ⁻¹)	231,4 AB	64,9 D	40,5 DE	123,7 C	305,1 A	178,8 B	43,5 DE	19,3 F	0,1	1.007,2
PR (kg MS ha ⁻¹)	456,1 A	90,5 D	29,6 E	172,0 C	579,7 A	255,7 B	58,4 D	15,7 E	0,2	1.657,7
PV (kg MS ha ⁻¹)	78,1 A	60,5 A	2,5 C	28,3 B	106,3 A	4,9 C	22,0 B	0,7 C	0,5	303,3
PFOR (kg MS ha ⁻¹)	687,5 AB	155,4 D	70,2 E	295,8 C	884,8 A	434,4 B	101,9 D	35,0 F	0,1	2.664,9
PBT (kg MS ha ⁻¹)	765,6 A	215,9 CD	72,7 E	324,0 BC	991,1 A	439,3 B	123,9 D	35,7 F	0,1	2.968,2
PBP (g MS)	25,0 A	7,1 CD	2,4 E	10,6 BC	32,4 A	14,4 B	4,0 D	1,1 F	0,1	97,0

⁽¹⁾ DCO: Diâmetro de copa; IAF: Índice de área foliar; IL: Interceptação luminosa; CF: Comprimento foliar; LF: Largura foliar; NFF: Número de folíolos por folha; NFR: Número de folhas por ramo; CR: Comprimento de ramo; DR: Diâmetro de ramo; DCA: Diâmetro de caule; RFR: Relação folha/ramo; PF: Produção de folhas; PR: Produção de ramos; PV: Produção de vagens; PFOR: Produção de forragem (folhas + ramos); PBT: Produção de biomassa total (folhas + ramos + vagens); PBP: Produção de biomassa por planta. ⁽²⁾EPM: Erro padrão da média.

Médias seguidas de letras iguais na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

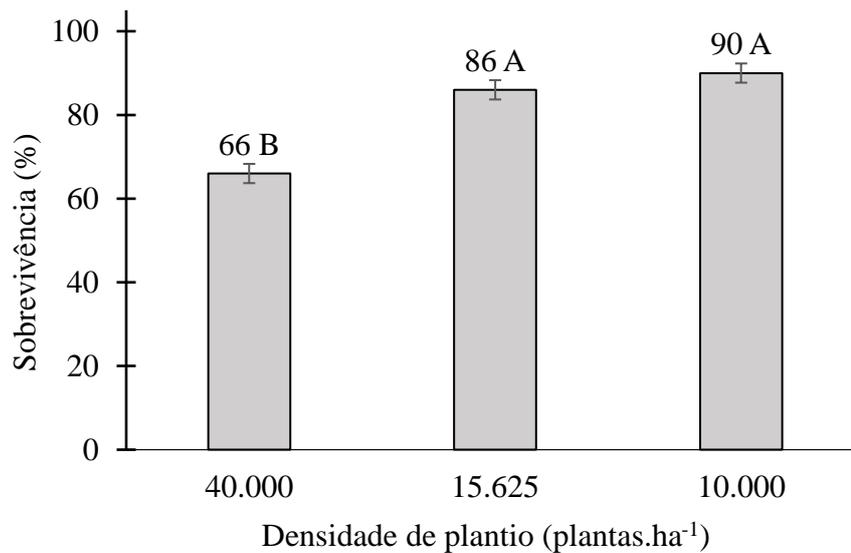


Figura 3. Sobrevivência de Jureminha (%) após dois anos de cultivo em região tropical subúmida, conforme as densidades de plantio.

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média.

Quanto às estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e determinação (R^2) foram constatados elevados valores de r para altura de plantas, IL, comprimento e largura foliar (CF e LF), número de folíolos por folha (NFF), diâmetros de ramo (DR) e de caule (DCA) e RFR (Tabela 5). Valores intermediários de r (0,36 a 0,50) foram observados para diâmetro de copa (DCO), IAF, número de folhas por ramo (NFR), comprimento de ramo (CR), número de ramos por planta (NRP) e produções de folhas, ramos, forragem, biomassa total e biomassa por planta. Apenas para a produção de vagens verificou-se baixa magnitude de r (0,26) com o $R^2 = 74,22\%$, abaixo do considerado adequado ($R^2 \geq 80\%$) por Resende (2015). Para obtenção de $R^2 = 0,90$, seriam necessárias de quatro a sete avaliações para prever o valor real de altura de plantas, DCO, IAF, IL, CF, LF e NFR. Já para $R^2 = 0,95$, de quatro a oito medições para prever DCA, DR, NFF e RFR. O número de medições necessárias (n) para um $R^2 = 0,99$ foi considerado muito alto e inviável para todas as características avaliadas.

Tabela 5. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2 %) e número de medições necessárias (η_0) para características morfológicas e produtivas de Jureminha.

Característica	⁽¹⁾ ANOVA		η_0				
	r	R^2	R^2				
			0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Altura de planta	0,61	92,49	3	4	6	12	64
Diâmetro da copa (DCO)	0,57	91,19	3	4	7	14	75
Índice de área foliar (IAF)	0,56	90,98	3	4	7	15	79
Interceptação luminosa (IL)	0,68	94,53	2	3	4	9	46
Comprimento foliar (CF)	0,62	92,83	2	4	6	12	61
Largura foliar (LF)	0,69	94,62	2	3	4	9	45
Nº de folhas por ramo (NFR)	0,55	90,85	3	5	7	15	80
Nº de folíolos por folha (NFF)	0,72	95,42	2	2	3	7	38
Comprimento de ramo (CR)	0,51	89,41	4	5	9	18	94
Diâmetro de ramo (DR)	0,70	94,87	2	2	4	8	43
Diâmetro de caule (DCA)	0,82	97,30	1	1	2	4	22
Nº de ramos por planta (NRP)	0,50	88,78	4	6	9	19	100
Produção de folhas (PF)	0,50	88,73	4	6	9	19	101
Produção de ramos (PR)	0,36	81,66	7	10	16	34	178
Produção de vagens (PV)	0,26	74,22	11	16	25	53	275
Produção de forragem (PFOR)	0,42	85,39	5	8	12	26	135
Produção de biomassa total (PBT)	0,40	84,29	6	8	13	28	148
Produção de biomassa por planta (PBP)	0,43	85,57	5	8	12	26	134
Relação folha/ramo (RFR)	0,70	94,85	2	2	4	8	43

⁽¹⁾ ANOVA: análise de variância.

4. DISCUSSÃO

Ao comparar as alturas de colheita aplicadas nas plantas de Jureminha em julho e outubro/2018 (Tabela 1), o número de ramos superior observado nas plantas colhidas a 40 cm de altura consiste com o fato de que maior altura de colheita preserva mais meristemas que podem originar maior número de ramos por planta (NRP). Contudo, a colheita reduz a possibilidade de fotossíntese, inibe a assimilação de nutrientes e reduz a reserva de carboidratos, afetando a produção de biomassa das plantas (ZHENG; ZHANG; WU, 2016). Para que os meristemas preservados na maior altura de colheita possam originar novos ramos, a planta depende dos carboidratos de reserva como fonte de energia até o reestabelecimento da parte aérea que foi colhida. Desse modo, como nas demais colheitas realizadas, essa diferença de NRP em função das alturas de colheita estudadas não foi verificada, sendo provável que os carboidratos armazenados pela Jureminha nesse período não tenham sido suficientes para manter tal comportamento.

Colheitas mais altas proporcionam maior altura residual, o que pode permitir à planta menor tempo de dependência dos compostos de reserva como fonte de energia para a sua recuperação e maior rapidez no reestabelecimento da parte aérea, enquanto menor altura de colheita aumenta a quantidade de biomassa removida (DINIZ et al., 2021). Tais aspectos explicam a obtenção das maiores alturas de planta no presente estudo, na colheita a 40 cm (Figura 2). No entanto, quando cultivadas no semiárido de Pernambuco (frequência de colheita de 60 dias), plantas do acesso 7G de *Desmanthus* não apresentaram efeito das alturas de colheita (20 e 40 cm) observando-se, em média, 53,9 cm (CALADO et al., 2016). Isso se deve, provavelmente, à diferença entre as condições climáticas predominantes nas regiões onde foram realizados os estudos supracitados.

Quanto ao efeito das densidades de plantio, a redução na altura de plantas observada na colheita de julho/2018, em razão da redução do adensamento de 40.000 para 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹ (Tabela 2) é atribuída a menor competição intraespecífica por recursos, nos maiores espaçamentos. Essa competição reduzida favorece o crescimento mais aberto das plantas, que é evidenciado pelo incremento do diâmetro de copa, à medida que se aumentou o espaçamento de plantio (Tabela 3). Costa (2020) avaliou a Jureminha cultivada sob as mesmas condições ambientais e de manejo do presente estudo e encontrou taxas de expansão de copa mais elevadas no plantio menos adensado (10.000 plantas.ha⁻¹: 0,92 cm.dia⁻¹), em

comparação com os cultivos com 15.625 e 40.000 plantas.ha⁻¹ (0,78 e 0,72 cm.dia⁻¹, respectivamente).

O crescimento mais aberto das plantas nos menores adensamentos reduziu o IAF e, conseqüentemente, a área de superfície para IL (Tabela 3), em decorrência de que a disponibilidade de luz depende da distribuição espacial da população de plantas e da estrutura do dossel em particular (TAO et al., 2018). Em contrapartida, plantios mais adensados podem aumentar o sombreamento e a competição intraespecífica, sobretudo pela luz, estimulando o alongamento apical do caule (estiolamento), impulsionando o crescimento para cima (TASSEW; KEDU; WEGI, 2020). O IAF foi superior no plantio mais adensado, indicando que, apesar do menor diâmetro da copa individual das plantas, o IAF acaba sendo compensado pelo maior número de plantas por área, reduzindo a área de solo descoberto. Esses resultados ressaltam que a densidade de plantio se trata de ponto fundamental visando IAF suficiente para interceptação de luz, fotossíntese e, conseqüentemente, para o crescimento e produtividade máximos da cultura (ZHENG; ZHANG; WU, 2016).

O plantio menos adensado, por reduzir a competição intraespecífica por recursos, poderia promover maior rendimento por planta; no entanto, isso não foi verificado no presente estudo. O espaçamento mais amplo acarretou tanto em menor produção de biomassa por planta, quanto em redução nas produções de folhas, ramos, vagens, forragem e biomassa total de Jureminha (Tabela 3). Isso pode estar relacionado à redução do IAF com a diminuição do adensamento, que fornece uma área de superfície menor para IL, resultando em fotossíntese líquida mais baixa e menor biomassa por unidade de área (LIU et al., 2021). Além disso, quando as condições ambientais são favoráveis e a densidade de plantio é muito baixa, cada planta individual pode expressar todo seu potencial produtivo, mas o número de plantas por área pode ser insuficiente para que a produtividade seja máxima. Isso sugere que, em condições ambientais limitantes, uma densidade de plantio mais alta pode ser preferida.

Em áreas caracterizadas por baixa pluviosidade no Nordeste do México, Natera et al. (2002), avaliando *D. virgatus* ao longo de quatro colheitas (frequência de 30 dias) a 5 cm de altura, obtiveram sob densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ produção média de 981 kg MS.ha⁻¹ por colheita. Com a mesma densidade de plantio, a produção de biomassa total obtida no presente estudo (576,53 kg MS.ha⁻¹.colheita⁻¹) se mostrou inferior (Tabela 3), mas vale ressaltar diferença entre espécies e a realização de colheitas menos frequentes (a cada 84 dias) e,

consideravelmente, menos intensas (20 e 40 cm). Calado et al. (2016), avaliando *Desmanthus* sp. sob densidade de plantio de 40.000 plantas.ha⁻¹, ao longo de três colheitas (intervalo de 60 dias) obtiveram, sob condições de irrigação, produção de forragem de 748,76 kg de MS.ha⁻¹.colheita⁻¹, enquanto no presente estudo, sem irrigação, constatou-se produção de forragem de *D. pernambucanus* de 528,92 kg MS.ha⁻¹.colheita⁻¹ (Tabela 3).

Foram observadas porcentagens inferiores de sobrevivência da Jureminha ao fim do segundo ano de cultivo, notadamente no plantio mais adensado (Figura 3). As condições de déficit hídrico verificadas (Figura 1) associadas ao maior número de plantas por área (40.000 plantas.ha⁻¹), podem ter elevado a competição intraespecífica na captação de água e nutrientes, bem como reduzido a capacidade das plantas de repor suas reservas orgânicas, fazendo com que as plantas mais fracas desaparecessem.

Além disso, o efeito do manejo utilizado sobre a sobrevivência também pode ser associado à realização de colheitas a intervalos fixos de 84 dias nos dois anos de cultivo. Por ser planta de metabolismo C₃ e, portanto, de crescimento mais lento, intervalos maiores podem ser mais adequados durante o período seco do ano. No manejo de colheitas subsequentes e regulares, a análise da vida útil dos estandes visa fornecer informações que refletem o potencial de regeneração da espécie forrageira submetida a tal manejo. A Jureminha demonstrou habilidade de recuperar-se após a realização de nove colheitas sucessivas, sendo importante ressaltar que nos plantios com densidades de 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹, houve manutenção de mais de 86% do estande inicial de plantas (Figura 3).

Em função das condições ambientais prevaletentes nos períodos de rebrota que antecederam as colheitas realizadas em época seca (outubro/2018, dezembro/2018, novembro/2019 e fevereiro/2020; Figura 1), as plantas apresentaram redução na altura de plantas, diâmetro da copa (DCO), comprimento e largura foliar (CF e LF), número de folíolos por folha (NFF), IL, IAF e nas características produtivas (Tabelas 2 e 4). Apesar de temperatura amena (23 °C) e alta umidade relativa do ar (88%), o período de rebrota das plantas anterior à colheita de agosto/2019 apresentou déficit de 52 mm no balanço hídrico (Figura 1), o que pode ter ocasionado a redução observada no NFF.

As alterações morfológicas e redução de características produtivas observadas (Tabelas 2 e 4) podem ser resultantes da expansão foliar restrita (LIU et al., 2021) e

capacidade fotossintética reduzida (QUEIROZ et al., 2021) sob déficit hídrico, o que pode constituir um mecanismo de adaptação da Jureminha às tais condições, reduzindo a exposição das folhas e, portanto, a área de superfície para perda de água. Nas mesmas condições ambientais e de manejo do presente estudo, Costa (2020) constatou que colheitas realizadas em períodos secos reduziram as taxas morfogênicas de aparecimento, alongamento e expansão foliar (0,017 folha.dia⁻¹; 0,0031 e -0,008 cm.dia⁻¹, respectivamente) da Jureminha quando comparadas às colheitas realizadas em períodos chuvosos (0,19 folha.dia⁻¹; 0,04 e 0,02 cm.dia⁻¹).

Por outro lado, a produtividade das plantas forrageiras depende de fatores como disponibilidade de água e nutrientes, mas principalmente da eficiência do uso da radiação solar pelas folhas (TAO et al., 2018). Desta forma, a redução da área foliar em virtude do déficit hídrico pode afetar negativamente a fotossíntese e divisão celular (KAUSHAL; WANI, 2016), proporcionando declínio da produção de substâncias de reserva, menor crescimento dos tecidos e, conseqüentemente, a queda observada nas produções de folhas, ramos, forragem, biomassa total e por planta (Tabela 4). Em condições de déficit hídrico, as plantas reduzem a produção de biomassa e alocam mais fotoassimilados para raízes (LIU et al., 2021), o que constitui outra estratégia que pode ter sido utilizada pela Jureminha para reduzir o consumo de água e aumentar a absorção desta.

Em contrapartida, o incremento no diâmetro do caule observado de julho/2018 a fevereiro/2020 (Tabela 4) pode ser associado à idade das plantas e a realização de colheitas subsequentes que promove naturalmente o espessamento do caule. O diâmetro do caule torna-se importante porque afeta o transporte de água e nutrientes na planta (CUNHA et al., 2021), podendo influenciar a capacidade de rebrota e adaptação a condições de baixa disponibilidade hídrica, em virtude da possibilidade de maior alocação de água e reservas orgânicas no caule (DINIZ et al., 2021).

Número de folhas por ramo e comprimento de ramo superiores nas colheitas de julho/2018 e junho/2019 (Tabela 4), podem ser resultantes da rebrota das plantas em condições de maior disponibilidade de água e nutrientes, com, provavelmente, maior disponibilidade de reservas orgânicas a serem utilizadas. Isso porque plantas colhidas em julho/2018 constituíram a primeira rebrota desde seu estabelecimento, e a colheita de junho/2019 foi realizada na época com balanço hídrico positivo (Figura 1) e após realização

de adubação mineral de manutenção. Ao levar em consideração a rebrota das plantas nas condições ambientais durante essas colheitas, é possível que tenha ocorrido nos ramos um maior desenvolvimento dos vasos condutores que transportam água, nutrientes e fotoassimilados, ocasionando maiores diâmetros de ramo (DR) nas colheitas de julho/2018 e junho/2019. Independente do manejo utilizado, a Jureminha apresentou DR inferiores a 5 mm, sendo considerados “comestíveis” pelos animais, uma vez que ramos mais espessos e fibrosos apresentam, em decorrência de paredes celulares mais espessas, maiores concentrações de lignina (fração indigestível).

Na colheita de agosto/2019, parte das plantas foram atacadas por psilídeos que causaram distorção e clorose nas plantas, afetando notadamente o meristema apical (Figura 4) e resultando no surgimento de mais ramos secundários e, conseqüentemente, em DR mais desenvolvido. É provável que tais danos também tenham afetado a produção de vagens (PV) na colheita de agosto/2019 (Tabela 4), uma vez que a Jureminha, normalmente, tem picos de floração em agosto (ALBUQUERQUE, 2017; COOK et al., 2020). A PV reduzida nas colheitas de dezembro/2018 e fevereiro/2020 pode ser atribuída ao déficit hídrico (Figura 1) no período destas, no qual pode ter ocorrido o desenvolvimento vegetativo em detrimento do reprodutivo, favorecendo o aumento da eficiência fotossintética para assegurar sua rebrota. Isso porque, à medida que o vegetal atinge o estágio reprodutivo, boa parte dos fotoassimilados que seriam destinados ao crescimento vegetativo é translocada para a formação de estruturas reprodutivas (MEDEIROS et al., 2020).



Figura 4. Danos causados a Jureminha por ataque de psilídeos no período anterior à colheita de agosto/2019.

A relação folha/ramo (RFR) foi superior nas colheitas de dezembro/2018 e fevereiro/2020, e inferior nas colheitas de julho/2018 e junho/2019 (Tabela 4). Em condições de maior disponibilidade hídrica (julho/2018 e junho/2019), as plantas tendem se desenvolver mais, com maior velocidade de crescimento e maior alongamento de ramos, reduzindo a RFR em decorrência da maior proporção de ramos em detrimento das folhas. Por outro lado, em condições de limitações hídricas, (como em dezembro/2018 e fevereiro/2020), as plantas crescem de forma mais lenta, visando à emissão de folhas para aumento da eficiência fotossintética para obtenção de fotoassimilados que assegurem sua persistência, alongando menos os ramos, o que resulta em maior RFR.

Constatou-se que a RFR foi inversamente proporcional às produções de forragem, biomassa total e por planta (Tabela 4), com RFR superior a 1 nas colheitas em que foram observadas menores produções (dezembro/2018 e fevereiro/2020). Geralmente, a RFR é baixa em plantas arbustivas; no entanto, em se tratando de plantas forrageiras, é importante que haja uma maior proporção de folhas em relação aos ramos (MEDEIROS et al., 2020). Isso porque, além do potencial produtivo, plantas forrageiras com maior quantidade de folhas tendem a proporcionar forragem de melhor qualidade aos animais, uma vez que as folhas apresentam menor concentração de fibras e maior concentração de nutrientes (DINIZ et al., 2021).

Uma limitação da Jureminha é seu crescimento reduzido na época seca, ocasionando diminuição da produção de forragem. De maneira geral, cerca de 90% da produção de forragem foi concentrada nas colheitas realizadas em época chuvosa e 10% nas de época seca (Tabela 4). Apesar das flutuações na produção entre as colheitas, a Jureminha apresentou elevada porcentagem de sobrevivência em função das condições impostas, além de desenvolver mecanismos de adaptação ao período com déficit no balanço hídrico, como redução da área foliar e provável aumento da alocação de recursos para assegurar a rebrota.

Além do mais, a frequência de colheita fixa contribuiu para as reduções drásticas na produtividade em época seca, em função dos fatores ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas e da reduzida velocidade de crescimento da leguminosa estudada nessa época, em relação à chuvosa. Assim, o ajuste da frequência de colheita deveria ser realizado, considerando a persistência da espécie forrageira, bem como o rendimento. Contudo, é importante destacar que o manejo utilizado para obtenção de maior produção de forragem pode não se refletir em maior valor nutritivo. Embora a Jureminha não seja utilizada

durante todo o ano, ela tem potencial para uso em legumineiras, sendo que a forragem produzida, principalmente na época chuvosa pode ser colhida, conservada e fornecida como suplemento quando as condições de seca persistem e o pasto com gramíneas tropicais têm maior concentração de fibras e valores nutricionais mais baixos.

A produção de vagens da Jureminha apresentou baixos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (Tabela 5) e para prever o valor real ($R^2=0,80$) desta variável, o número necessário de observações foi onze, acima do número de colheitas realizadas (oito). Caracteres de baixa repetibilidade que sofrem forte influência das variações ambientais, como é o caso da produção de vagens (Tabela 4), geralmente necessitam de grande número de medições para atingir um valor satisfatório de determinação (TORRES et al., 2016). As demais variáveis precisaram de uma até sete avaliações para prever o seu valor real ($R^2=0,80$).

Os valores intermediários de r (0,36 a 0,50) observados para DCO, IAF, NFR, CR, NRP, PF, PR, PFOR, PBT e PBP indicam baixa regularidade na repetição do desempenho da Jureminha de uma avaliação para outra (Tabela 5). A repetibilidade varia em função da natureza da característica avaliada, das propriedades genéticas da população e das condições ambientais em que os indivíduos são mantidos (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). Considerando as variações nos fatores ambientais e seus efeitos sobre essas características (Figura 1 e Tabela 4), para aumentar a confiabilidade, Martuscello et al. (2015) sugerem duas estratégias seguidas por Botrel et al. (2000) e Ferreira et al. (1999): aumentar o número de medições e usar medições feitas nas épocas chuvosa e seca como duas variáveis distintas. Todavia, por se tratar de características quantitativas, com efeito ambiental pronunciado, a magnitude destas estimativas pode ser considerada suficiente, indicando confiabilidade, uma vez que o coeficiente de determinação (R^2), que expressa a precisão da predição do valor real do indivíduo, foi superior a 80%.

A altura de plantas, IL, comprimento e largura foliar, número de folíolos por folha, diâmetros de ramo e de caule e relação folha/ramo apresentaram elevada magnitude de r e R^2 (Tabela 5), indicando confiabilidade na estimativa do número de avaliações necessárias para prever seu real valor (RODRIGUES et al., 2020). Cunha et al. (2021) avaliaram genótipos de *Desmanthus* sp. em região semiárida e também observaram alta magnitude de r e R^2 para as variáveis altura de plantas (0,85 e 97,62%), diâmetro de caule (0,91 e 98,73%), comprimento foliar (0,97 e 99,59%) e largura foliar (0,99 e 99,94%). Por outro lado, Miranda

(2013) avaliou acessos de *Stylosanthes* sp. ocorrentes no semiárido Pernambucano e observou estimativas de r e R^2 com baixa magnitude para o número de ramificações (0,19 e 59,35%), e com magnitude intermediária para o diâmetro do caule (0,35 e 76,58%), altura da planta (0,31 e 57,50%) e número de folhas (0,36 e 63,78%). O autor verificou que esses descritores necessitaram de duas a oito avaliações para predizer o seu valor real ($R^2=0,80$).

Altos coeficientes de repetibilidade são desejados, pois estes são diretamente relacionados ao número de medições necessárias, de modo que, quanto maior o coeficiente de repetibilidade, menor será o número de avaliações necessárias para predizer o valor real de um indivíduo (SOARES et al., 2017). Desse modo, foi observado, no presente estudo, que para prever o valor real do diâmetro de caule e de ramo, número de folíolos por folha e relação folha/ramo, cujos r ficaram entre 0,70 e 0,82 (Tabela 5), seriam suficientes de quatro a oito medições ($R^2 = 0,95$).

De duas a sete avaliações seriam suficientes para predizer ($R^2 = 0,90$) altura de plantas, diâmetro de copa, IAF, IL, comprimento e largura foliar e número de folhas por ramo (r entre 0,55 e 0,69; Tabela 5). Um aumento na acurácia de $R^2=90\%$ para 95%, para predizer o valor real dessas características implicaria um aumento de, aproximadamente, 50% em η sem muito acréscimo na precisão. Ao aumentar o número de medidas realizadas para uma determinada variável, a variância causada pelo ambiente é reduzida assim como a variância fenotípica, aumentando a precisão do coeficiente de repetibilidade (CUNHA et al., 2021). Por outro lado, quando uma característica apresenta alta repetibilidade, o aumento no número de medições realizadas pouco adicionará à inferência do valor genotípico individual (MARTUSCELLO et al., 2015).

Já para obtenção do real valor ($R^2=85\%$) de comprimento de ramo, número de ramos por planta e produções de folhas, forragem, biomassa total e biomassa por planta (r entre 0,40 e 0,51) precisariam ser realizadas de cinco a oito medições, enquanto para predizer ($R^2=80\%$) a produção de ramos ($r = 0,36$) sete medições seriam suficientes. Ao considerar um $R^2 = 0,99$, o η foi considerado muito alto e inviável para todas as características com o modelo utilizado.

De maneira geral, as informações obtidas pelo presente estudo contribuem para otimizar recursos humanos e financeiros em futuras pesquisas com esse acesso de *D. pernambucanus*, uma vez que indicam que é possível reduzir o número de medições para

predizer o valor real de diâmetro de caule e número de folíolos por folha ($R^2 = 95\%$), bem como de altura de plantas, diâmetro de copa, índice de área foliar, interceptação luminosa, comprimento e largura foliar, número de folhas por ramo, diâmetro de ramo e relação folha/ramo ($R^2=90\%$).

5. CONCLUSÕES

A altura de colheita influencia a altura das plantas e o número de ramos por planta, mas não afeta as características produtivas e nem a sobrevivência da Jureminha. O cultivo sob densidade de 40.000 plantas.ha⁻¹ permite a obtenção de plantas mais altas, com índices de área foliar e interceptação luminosa superiores, além de maiores produções individual e por área, mesmo reduzindo o diâmetro de copa e a sobrevivência de Jureminha.

A Jureminha tem potencial para uso em legumineiras, sendo que a forragem produzida, principalmente na época chuvosa, pode ser colhida, conservada e fornecida adicionalmente aos animais quando as condições de seca persistem, mas os produtores devem esperar flutuações mensal e anual na produção de forragem. Em condições de cultivo em sequeiro, o crescimento é mínimo durante a época seca, e a Jureminha pode não ser capaz de produzir forragem o suficiente para suplementar os animais.

É possível reduzir o número de medições para predizer o valor real de diâmetro de caule e número de folíolos por folha ($R^2 = 95\%$), de altura de plantas, diâmetro de copa, índice de área foliar, interceptação luminosa, comprimento e largura foliar, número de folhas por ramo, diâmetro de ramo e relação folha/ramo ($R^2=90\%$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G.P. **Parâmetros genéticos e caracterização de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a diferentes intensidades de corte.** 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 92f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: 10 mai. 2021.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis.** 21st ed. USA: AOAC International, 2019. 3290 p.
- BOTREL, M. A. et al. Estimativas de coeficientes de repetibilidade para produção de matéria seca em cultivares de alfafa sob diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v.47, n.274, p. 651-663, 2000.

- CABRERA, L.P. et al. Remoção de espinhos *Opuntia* por ablação a laser pulsado: análise bromatológica e microbiológica. **Journal of Food Engineering**, v.169, p.38-43, 2016. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2015.08.019](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.019)
- CALADO, T.B. et al. Morphology and productivity of “Jureminha” genotypes (*Desmanthus* spp.) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.742-752, 2016. DOI: [10.1590/1983-21252016v29n326rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n326rc)
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v.59, p.125-137, 2000. DOI: [10.1590/S0006-87052000000200002](https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200002)
- CAVALCANTI, F.J.A. et al. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª edição revisada.** Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, Recife, Brasil, 212p., 2008.
- COOK, B.G. et al. **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, 2020. Disponível em: http://tropicalforages.info/text/entities/desmanthus_pernambucanus.htm. Acesso em: ago. 2020.
- COELHO, J.J. et al. Prediction of the nutritional value of grass species in the semiarid region by repeatability analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.3, p.378-385, 2018. DOI: [10.1590/S0100-204X2018000300013](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000300013)
- COSTA, J.C. et al. Genetic diversity of *Desmanthus* sp accessions using ISSR markers and morphological traits. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.2, 2017. DOI: [10.4238/gmr16029667](https://doi.org/10.4238/gmr16029667)
- COSTA, M.N.F. **Caracterização morfogênica e estrutural de *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung sob diferentes densidades de plantio e altura de colheita.** 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 51f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. DOI: [10.4025/actasciagron.v35i3.21251](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251)
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 668p.
- CUNHA, M.V. et al. Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus* sp. in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, e01937, 2021. DOI: [10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01937](https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01937)
- DINIZ, W.P.S. et al. Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforestry Systems**, v.95, n.3, p.571-581, 2021. DOI: [10.1007/s10457-021-00609-7](https://doi.org/10.1007/s10457-021-00609-7)

- DUBEUX JR., J.C.B. et al. Biological N₂ fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, v.57, n.2, p.1027-1038, 2017. DOI: [10.2135/cropsci2016.09.0810](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0810)
- FERREIRA, M.R. et al. Repeatability and genotypic stability of agronomic characteristics in *Panicum maximum* Jacq. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.79, n.4, p.547-556, 2019. DOI: [10.4067/S0718-58392019000400547](https://doi.org/10.4067/S0718-58392019000400547)
- FERREIRA, R.P. et al. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.994-1002, 1999. DOI: [10.1590/S0100-204X1999000600010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000600010)
- FREITAS, A.D.S. et al. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1856-1861, 2011. DOI: [10.1590/S1516-35982011000900003](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900003)
- KAUSHAL, M.; WANI, S.P. Rhizobacterial-plant interactions: Strategies ensuring plant growth promotion under drought and salinity stress. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 231, p. 68-78, 2016. DOI: [10.1016/j.agee.2016.06.031](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.031)
- LI-COR. **Plant canopy analyzer: LAI-2000**, operating manual. Lincoln: 179p., 1992.
- LIU, M. et al. Forage accumulation and radiation use of alfalfa under deficit irrigation. **Crop Science**, v.61, n.3, p.2190-2202, 2021. DOI: [10.1002/csc2.20480](https://doi.org/10.1002/csc2.20480)
- MEDEIROS, A.S. et al. Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v.69, n.265, p.54-64, 2020. DOI: [10.21071/az.v69i265.5039](https://doi.org/10.21071/az.v69i265.5039)
- MIRANDA, S.B. **Divergências morfológicas em *Stylosanthes* spp. ocorrentes em Pernambuco**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 56f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: set. 2021.
- NATERA, F.Z. et al. Rendimiento y composición química del forraje de Huizachillo (*Desmanthus virgatus* L. var. *depressus* Willd) bajo condiciones de cultivo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.25, n.3, 2002.
- PALUDO, A.A. et al. Feijão guandu em três diferentes alturas de corte na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutrime**, v.9, n.5, p.1981-1994, 2012.
- QUEIROZ, I.V. **Variabilidade genética e caracterização morfológica, produtiva e qualitativa de acessos de *Desmanthus* spp.** 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 167f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: jun. 2020.
- QUEIROZ, I.V. et al. Respostas na biomassa e químicas de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a privação de água. **Revista Caatinga**, v.34, n.4, p.937-944, 2021. DOI: [10.1590/1983-21252021v34n421rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n421rc)

- RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema. 463p., 2015.
- ROCHA FILHO, R.R. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v.186, p.104426, 2021. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2020.104426](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104426)
- RODRIGUES, E.V. et al. Repeatability estimates and minimum number of evaluations for selection of elephant-grass genotypes for herbage production. **Bioscience Journal**, v.36, n.1, 2020. DOI: [10.14393/BJ-v36n1a2020-42075](https://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42075)
- SANTOS, G.R.A. et al. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1876-1883, 2008. DOI: [10.1590/S1516-35982008001000023](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000023)
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 356p. 2018.
- SANTOS, M.V.F. et al. Native shrub-tree legumes of tropical America with potential for domestication. In **Legume perspectives**, v.17, p.33-35, 2019. Disponível em: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_17.pdf. Acesso em: jan. 2020.
- SAS - SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2015.
- SILVA, L.S. **Respostas morfológicas e produtivas de genótipos de *Desmanthus* a intervalos de corte na Zona da Mata de Pernambuco**. 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 79f. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/teses>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- SILVA, A.O.; MOURA, G.B.A.; KLAR, A.E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, p.46-60, 2014. DOI: [10.15809/irriga.2014v19n1p46](https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p46)
- SOARES, B. C. et al. Repetibilidade de características físicas e químicas em frutos de pequi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n.2, 2017. DOI: [10.1590/0100-29452017181](https://doi.org/10.1590/0100-29452017181)
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, 2014. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nr cs142p2_053580>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- TAO, Q. et al. Optimizing between-row and within-row spacing for *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) seed production. **Industrial Crops and Products**, v.139, p.111490, 2019. DOI: [10.1016/j.indcrop.2019.111490](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111490)

- TAO, Z. et al. Light interception and radiation use efficiency response to tridimensional uniform sowing in winter wheat. **Journal of Integrative Agriculture**, v.17, n.3, p. 566-578, 2018. DOI: [10.1016/S2095-3119\(17\)61715-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61715-5)
- TASSEW, B.; KEDU, A.; WEGI, T. Effects of different seeding rate and row spacing on yield and yield components of narbon vetch (*Vicia narbonensis*) in Bale Highlands. **International Journal of Applied Agricultural Sciences**, v.6, n.2, p.21, 2020. DOI: [10.11648/j.ijaas.20200602.12](https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20200602.12)
- TORRES, F.E. et al. Number of cuts for estimating forage productivity in *P. maximum*. **Bioscience Journal**, v.32, n.1, 2016. DOI: [10.14393/BJ-v32n1a2016-29307](https://doi.org/10.14393/BJ-v32n1a2016-29307)
- ZHENG, Y.; ZHANG, Y.; WU, J. Yield and quality of *Moringa oleifera* under different planting densities and cutting heights in southwest China. **Industrial Crops and Products**, v.91, p.88-96, 2016. DOI: [10.1016/j.indcrop.2016.06.032](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.06.032)

CAPÍTULO 3

**Valor nutritivo de Jureminha sob diferentes densidades de plantio, alturas
e épocas de colheita**

RESUMO

O uso de leguminosas forrageiras contribui para melhoria da qualidade da dieta dos ruminantes. Objetivou-se avaliar o efeito de densidades de plantio (40.000, 15.625 e 10.000 plantas.ha⁻¹) e alturas de colheita (20 e 40 cm) sobre o valor nutritivo de Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* L. Thellung) cultivada em região tropical subúmida em diferentes épocas do ano, bem como estimar correlações e a repetibilidade das características avaliadas. O experimento foi conduzido em arranjo de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Densidades de plantio foram avaliadas nas parcelas e alturas de colheita nas subparcelas. Com intervalo de 84 dias, foram realizadas oito colheitas, sendo analisada a forragem colhida nas épocas chuvosa (julho/2018 e junho/2019) e seca (dezembro/2018 e novembro/2019), para determinação do valor nutritivo. Matéria seca (MS: 356,3 g.kg⁻¹), matéria mineral (38,2 g.kg⁻¹), lignina (145,6 g.kg⁻¹), digestibilidade (433,1 g.kg⁻¹), fração C dos carboidratos (20,5% MS), frações B3 (8% de proteína bruta: PB) e C da proteína (17% PB) da forragem não foram alterados ($p \geq 0,05$) por nenhum fator estudado. Maiores teores de PB (181,6 g.kg⁻¹) e menores de fibra em detergente neutro (FDN: 568,4 g.kg⁻¹) e ácido (FDA: 426,5 g.kg⁻¹), hemicelulose (143,6 g.kg⁻¹) e celulose (281,3 g.kg⁻¹) foram observados na época seca. Apenas épocas de colheita promovem alterações na composição química da forragem, mas não afetam a digestibilidade da MS. Observou-se elevada repetibilidade, sendo possível reduzir o número de medições para FDN, FDA, hemicelulose, lignina, carboidratos totais e sua fração C, e frações A e B1+B2 da proteína ($R^2=0,90$). A persistência do valor nutritivo da forragem de Jureminha indica seu potencial como suplemento proteico na dieta de ruminantes alimentados com gramíneas tropicais, notadamente na época seca.

Palavras-chave: Composição química. Digestibilidade da MS. Espaçamento de plantio. Leguminosa nativa. Manejo de colheita.

ABSTRACT

The use of forage legumes contributes to improving the quality of the diet of ruminants. The objective of this study was to evaluate the effect of planting densities (40,000; 15,625 and 10,000 plants.ha⁻¹) and harvest heights (20 and 40 cm) on the nutritive value of Jureminha (*Desmanthus pernambucanus* L. Thellung) cultivated in a subhumid tropical region at different seasons of the year, as well as estimating correlations and repeatability of the evaluated characteristics. The experiment was designed in randomized blocks with subdivided plots and four repetitions. Planting densities were evaluated in the plots and harvest heights in the subplots. With an interval of 84 days, eight harvests were carried out, and the forage harvested in the rainy (July/2018 and June/2019) and dry (December/2018 and November/2019) seasons was analyzed to determine the nutritional value. Dry matter (DM: 356.3 g.kg⁻¹), mineral matter (38.2 g.kg⁻¹), lignin (145.6 g.kg⁻¹), digestibility (433.1 g.kg⁻¹), fraction C of carbohydrates (20.5% DM), fractions B3 (8% crude protein: CP) and C (17% CP) of protein of forage were not altered ($p \geq 0.05$) by any factor studied. Higher CP contents (181.6 g.kg⁻¹) and lower neutral (NDF: 568.4 g.kg⁻¹) and acid detergent fiber (ADF: 426.5 g.kg⁻¹), hemicellulose (143.6 g.kg⁻¹) and cellulose (281.3 g.kg⁻¹) were observed in the dry season. Only harvest seasons promote changes in the chemical composition of forage, but do not affect the digestibility of DM. High repeatability was observed, making it possible to reduce the number of measurements for NDF, ADF, hemicellulose, lignin, total carbohydrates and your fraction C, and fractions A and B1+B2 of protein ($R^2=0.90$). The persistence of the nutritive value of Jureminha forage indicates your potential as a protein supplement in the diet of ruminants fed on tropical grasses, especially in the dry season.

Keywords: Chemical composition. Digestibility of DM. Harvest management. Native legume. Planting spacing.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade de rebanhos de ruminantes é limitada pela sazonalidade da produção de forragem e sua qualidade, predominando o uso de dietas altamente fibrosas, gramíneas pobres em nitrogênio (N) e com baixa digestibilidade na época seca (SUYBENG et al., 2019). Isso reduz a rentabilidade do sistema de produção, resultando em alta metanogênese ruminal (ARCHIMÈDE et al., 2018), o que representa perda significativa de energia na dieta que poderia ser redirecionada para produção de leite ou carne. Tais limitações resultam também em custos ambientais elevados ao relacionar as emissões de metano (CH₄), importante gás de efeito estufa, à unidade de alimentos produzida (ZUBIETA et al., 2021). Além da contribuição para emissões de CH₄, as perdas de energia e de N são duas das mais significativas ineficiências nos sistemas de produção de ruminantes (BERÇA et al., 2019).

Sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis podem ser alcançados elevando-se o valor nutritivo da dieta dos rebanhos (SANTOS et al., 2017). Ruminantes alimentados com leguminosas podem produzir menos CH₄, por quilo de matéria seca, do que quando alimentados com gramíneas tropicais (DINI et al., 2017). Leguminosas apresentam menor produtividade, mas podem proporcionar maior concentração de proteína e maior digestibilidade do que gramíneas tropicais, o que resultaria em reduções nas emissões de CH₄, devido às alterações na fermentação ruminal, como redução do pH ruminal e da relação acetato/propionato, alta concentração de N-NH₃ e alta taxa de passagem no rúmen (ENRIQUEZ-HIDALGO et al., 2020). Além disso, leguminosas geralmente produzem taninos condensados que, dependendo da concentração, podem proporcionar benefícios aos ruminantes, incluindo uso eficiente de proteínas ingeridas (efeito *by-pass*) e supressão de parasitas gastrointestinais (OLIVEIRA et al., 2022), bem como a redução das emissões de CH₄, (SUYBENG et al., 2020; VERDECIA et al., 2020). Assim, a incorporação de leguminosas na dieta pode otimizar o desempenho animal e ocasionar benefícios ambientais.

Nem todas as espécies se adaptam igualmente às condições edafoclimáticas que prevalecem nas regiões tropicais. Diversas espécies do gênero *Desmanthus*, presentes em abundância nos trópicos, apresentaram potencial forrageiro estudado na Argentina (FORNASERO et al., 2014), Austrália (BOSCHMA et al., 2021), Índia (IYANAR et al., 2021) e Brasil (DINIZ et al., 2021). No Nordeste brasileiro há predominância de *D. pernambucanus* (L.) Thellung, conhecida por Jureminha (PENGELLY; LIU, 2001). Esta

espécie é subarbuscular com elevada persistência e fortemente selecionada por animais em pastejo (SANTOS, M., et al., 2019), capaz de associar-se a bactérias diazotróficas e fixar nitrogênio atmosférico, além de ser resistente à seca (FREITAS et al., 2011).

A produção e a qualidade da forragem são influenciadas por inúmeros fatores, como as condições bióticas e abióticas e práticas de manejo, bem como pela maturidade da planta, condições climáticas, entre outros (GAVIRIA-URIBE et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2022). Além disso, a densidade de plantio e altura de colheita utilizados constituem práticas importantes no estabelecimento e manejo de uma espécie forrageira, apresentando efeitos cruciais na taxa de rebrota e qualidade da forragem. A densidade de plantio é um dos aspectos de manejo que determina a eficiência do uso da terra, luz, água e nutrientes (KUMALASARI; WICAKSONO; ABDULLAH, 2017), enquanto a altura de colheita pode alterar a quantidade de radiação que atinge a planta, contribuindo para adaptações morfológicas e estruturais (DINIZ et al., 2021).

A seleção de um genótipo superior de forrageiras é baseada na análise de características em medidas repetidas ao longo de várias colheitas, épocas e anos (FERNANDES et al., 2017). O coeficiente de repetibilidade indica a capacidade do genótipo de repetir a expressão de uma característica em medidas sucessivas em um indivíduo, enquanto o coeficiente de determinação (R^2) denota a precisão na previsão do valor real de um indivíduo (FIGUEIREDO et al., 2019). Assim, a análise de repetibilidade possibilita estimar qual o menor ciclo de seleção possível e otimizar recursos humanos e financeiros para a pesquisa (RODRIGUES et al., 2020), reduzindo ou eliminando o tempo gasto além do necessário, ao mesmo tempo em que evita que a medição seja insuficiente (FLÔRES JÚNIOR et al., 2018).

A hipótese testada foi que a densidade de plantio, altura e época de colheita alteram o valor nutritivo da forragem produzida pela Jureminha. Dessa forma, o objetivo foi avaliar o efeito de distintas densidades de plantio e alturas de colheita sobre o valor nutritivo de Jureminha cultivada em região tropical subúmida, em diferentes épocas de colheita, bem como estimar a repetibilidade das variáveis avaliadas e correlações entre características produtivas e nutritivas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina, Pernambuco-Brasil. O tipo climático é subúmido, segundo a classificação de Thornthwaite (SILVA; MOURA; KLAR, 2014), com precipitação média histórica de 1.174 mm ano⁻¹, temperatura em torno de 24,5 °C, latitude 7°51'S, longitude 35°14'W e 180 m de altitude.

Foram realizadas aração e gradagem no preparo do solo da área experimental, classificado de acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos (SANTOS et al., 2018) como Argissolo amarelo de textura franco arenosa, correspondendo a Ultisol (SOIL SURVEY STAFF, 2014). A fertilidade do solo foi analisada em laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Brasil, apresentando, na camada de 0-20 cm de profundidade as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,7; P (Mehlich-1) = 19 mg.dm⁻³; K = 0,065 cmol_c.dm⁻³; Na = 0,045 cmol_c.dm⁻³; Ca = 2,55 cmol_c.dm⁻³; Mg = 0,75 cmol_c.dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c.dm⁻³; soma de bases = 3,41 cmol_c.dm⁻³ e matéria orgânica = 2,77 g.kg⁻¹. Foi efetuada uma adubação de fundação de 50 e 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, de acordo com as recomendações de Cavalcanti et al. (2008).

O experimento foi conduzido em arranjo de parcelas subdivididas, no delineamento com blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de densidades de plantio 10.000, 15.625 e 40.000 plantas.ha⁻¹ (espaçamentos de 1,0 m x 1,0 m, 0,8 m x 0,8 m e 0,5 m x 0,5 m, respectivamente) e alturas de colheita (20 e 40 cm) no cultivo de Jureminha em região tropical subúmida. As densidades de plantio foram estudadas nas parcelas e as alturas de colheita nas subparcelas. A área experimental continha 748 m² (22 m x 34 m), com subparcelas de 16 m² (4 m x 4 m) espaçadas entre si por 2 m, e a parcela principal de 40 m² (4 m x 10 m) (Apêndice, Figura 1).

Foram utilizadas sementes do acesso 7G de *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung, coletado no município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco (classificado pelo herbário do Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, Fomento Internacional do Brasil LTDA, FIB, nº02/2012). Antes da semeadura, foi realizada escarificação das sementes por imersão em solução de ácido sulfúrico (COOK et al., 2020). As mudas foram transplantadas

para sacos plásticos e implantadas na área experimental (dezembro/2017) com, aproximadamente, três meses de idade e altura média de 50 cm. Em consequência dos baixos índices pluviométricos no período de estabelecimento do campo experimental, as plantas foram regadas no primeiro mês após o plantio, sendo realizadas capinas e uso de formicida.

Em abril/2018 (127 dias após o transplântio), foram aplicadas as alturas de colheita (20 e 40 cm). Em seguida, foram realizadas, com cutelo, sete colheitas com frequência aproximada de 84 dias (julho, outubro e dezembro/2018, março, junho, agosto e novembro/2019), mantendo-se as alturas de colheita estabelecidas para cada tratamento. A área experimental foi capinada após a realização de cada colheita. Após a colheita de março/2019 foi realizada adubação de cobertura (50 e 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente) e reestabelecimento do estande de plantas por replântio de mudas.

O balanço hídrico (CAMARGO; CAMARGO, 2000) durante o período experimental (dezembro de 2017 a novembro de 2019) é apresentado na Figura 1, sendo que, em média, a umidade relativa do ar foi de 82%, com temperatura de 26 °C e precipitação de 83 mm.mês⁻¹. Nas análises deste estudo foram utilizadas amostras de colheitas realizadas em julho/2018 e junho/2019 (época chuvosa), dezembro/2018 e novembro/2019 (época seca).

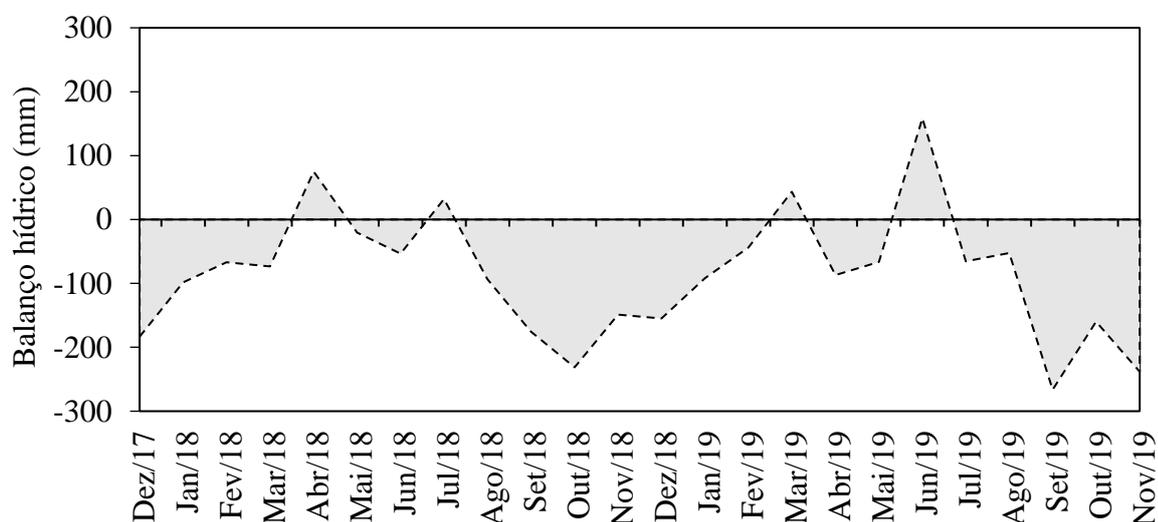


Figura 1. Balanço hídrico durante o período experimental (2017-2019) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC).

Em cada subparcela foram coletadas três plantas centrais, pesadas imediatamente para obtenção da massa fresca e, posteriormente, o material vegetal (excluindo-se as vagens) foi

submetido à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, até atingir peso constante, e moído em partículas de 1 mm (moinho Willey, MA-340) para análises referentes ao valor nutritivo realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal Prof. Silvio Parente Viana e de Forragicultura Prof. Iderval Farias, ambos no Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Os procedimentos descritos pela *Association of Official Agricultural Chemists International* (AOAC, 2019) foram utilizados para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB). Fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), bem como FDN e FDA corrigidas para cinzas e proteínas (FDNc e FDNcp; FDAc e FDAcp) foram obtidas segundo metodologia proposta por Van Soest, Robertson e Lewis (1991) e adaptada por Senger et al. (2008), quanto a utilização de autoclave com temperatura de 110 °C, por 40 minutos. A lignina (LIG) foi determinada pelo tratamento do resíduo da FDA com ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). As frações de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) foram estimadas pelas equações: $CEL = FDA - LIG$ e $HEM = FDN - FDA$.

O fracionamento de carboidratos foi realizado conforme Sniffen et al. (1992). Os carboidratos totais calculados pela seguinte equação: $CHOt (\% MS) = 100 - (PB + EE + MM)$. Os carboidratos não fibrosos (CNF), correspondente às frações A + B1 (carboidratos não fibrosos e de rápida fermentação ruminal, como os açúcares solúveis, amido e pectina), foram estimados por meio da equação: $CNF (\% MS) = CHOt - FDNcp$. A fração C (fibra indigestível) foi obtida pela equação $C = FDN * 0,01 * LIG * 2,4$. A fração B2 (fibra digestível) foi obtida pela diferença entre o FDNcp e a fração C. O fracionamento da proteína foi obtido seguindo metodologia descrita por Licitra, Hernandez e Van Soest (1996). Os teores de nitrogênio não proteico correspondem a fração A, a fração B3 a diferença entre os nitrogênios insolúveis em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA), enquanto a fração C é considerada como o NIDA. A fração B1+B2 foi obtida pela equação: $B1 + B2 = 100 - (A + B3 + C)$.

A análise da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo Tilley e Terry (1963), com as modificações propostas por Holden (1999), mediante incubação *in vitro* das amostras em sacos de TNT (tecido não tecido, com gramatura de 100 g m⁻²) com a solução tampão proposta por McDougall (1948) e inóculo ruminal na DAISY^{II} Incubator (ANKOM® Technology). Após 48 horas de incubação, 40 mL de solução de HCl (6N) e 8 g

de pepsina foram adicionados a cada frasco e, após o período de incubação de 24 horas, os sacos contendo os resíduos foram lavados e secos em estufa a 105 °C, até peso constante, e pesados para cálculo da DIVMS. O inóculo ruminal foi obtido a partir de amostras compostas das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal de bovino adulto fistulado no rúmen.

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o PROC MIXED do SAS/STAT® 14.1 (SAS, 2015). Foram considerados os efeitos dos blocos experimentais (efeito aleatório), densidades de plantio, alturas e épocas de colheita e suas interações. As colheitas foram consideradas como medidas repetidas ao longo do tempo. O método dos mínimos quadrados (LSMEANS) foi utilizado para comparar as médias entre as densidades de plantio, por PDIFF ajustado para o teste de Tukey ($p < 0,05$). O teste F ($p < 0,05$) foi utilizado para comparar as médias das alturas e épocas de colheita. A análise de correlação de Pearson foi empregada para determinar a associação entre características nutritivas e produtivas [produções de folhas, ramos, vagens, forragem (folhas + ramos), biomassa total (vagens + forragem) e relação folha/ramo (Capítulo 2)] verificadas nas colheitas de julho/2018 e junho/2019 (época chuvosa), dezembro/2018 e novembro/2019 (época seca).

O coeficiente de repetibilidade foi estimado com base no método da análise de variância (ANOVA) descrito por Cruz; Carneiro e Regazzi (2014), utilizando-se o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + \varepsilon_{ij}$, onde: Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ : média geral; g_i : efeito aleatório do i -ésimo tratamento sob influência do ambiente permanente ($i = 1, 2, \dots, p$); a_j : efeito fixo do j -ésimo ambiente; ga_{ij} : efeito de interação do i -ésimo tratamento com o j -ésimo ambiente; e ε_{ij} : erro aleatório envolvendo outras causas de variação não incluídas no modelo. Neste modelo, o coeficiente de repetibilidade (r) para cada característica foi obtido por:

$$r = \frac{C\hat{d}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij}) \hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_Y^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma^2 + \sigma_g^2}.$$

A estimativa do número mínimo de medições necessárias nas características avaliadas para estimar seu valor real (η_0), com base em coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), foi obtido por: $\eta_0 = [R^2(1 - r)] / [(1 - R^2)r]$. Com base na média de η colheitas ($\eta = 4$) e na estimativa de r , o R^2 foi calculado de acordo com a expressão: $R^2 = \eta r / [1 + r(\eta - 1)]$, onde η é o número de medições necessárias e r é o

coeficiente de repetibilidade. A análise de repetibilidade foi realizada usando o *software* GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS

As densidades de plantio e alturas de colheita não afetaram ($p \geq 0,05$) o valor nutritivo da forragem de Jureminha. Os teores de MS ($356,3 \pm 20,4 \text{ g.kg}^{-1}$), MM ($38,2 \pm 4,1 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), LIG ($145,6 \pm 6,5 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e a DIVMS ($433,1 \pm 40,4 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) não foram afetados ($p \geq 0,05$) por nenhum dos fatores estudados. Os teores de PB, FDN, FDA, hemicelulose e celulose da forragem foram afetados apenas pelas épocas de colheita (Tabela 1), demonstrando que, à medida que a estação seca progride, ocorre aumento nos teores de PB, bem como decréscimo de FDN, FDA, hemicelulose e celulose na forragem produzida.

Tabela 1. Composição química da forragem de Jureminha produzida em região tropical subúmida, conforme épocas de colheita.

Característica ($\text{g.kg}^{-1} \text{ MS}$)	Época de Colheita		Média	EPM	<i>p</i>
	Chuvosa	Seca			
Proteína Bruta	155,9 b	181,6 a	168,8	6,7	0,0081
Fibra em Detergente Neutro	627,0 a	568,4 b	597,8	6,4	<0,0001
Fibra em Detergente Ácido	468,4 a	426,5 b	447,5	4,7	<0,0001
Hemicelulose	157,2 a	143,6 b	153,8	3,5	0,0052
Celulose	323,5 a	281,3 b	313,0	4,8	<0,0001

Médias seguidas de letras iguais na linha para cada característica, não diferem entre si pelo teste F ($p \geq 0,05$). EPM: Erro padrão da média.

De maneira similar, os carboidratos totais (CHOt), não fibrosos (CNF: A+B1, de rápida fermentação ruminal) e os de lenta taxa de degradação ruminal (fração B2) apresentaram alterações ($p=0,0027$; $p=0,0026$ e $p=0,0002$, respectivamente) apenas em função das épocas de colheita (Figura 2). Contudo, a fração C não foi afetada por nenhum dos fatores estudados ($p \geq 0,05$) apresentando percentual médio de $20,5 \pm 0,6 \%$ da MS. Maiores proporções de CHOt e da fração B2 foram observados na época chuvosa, enquanto na época seca foram constatados teores superiores de CNF (A+B1).

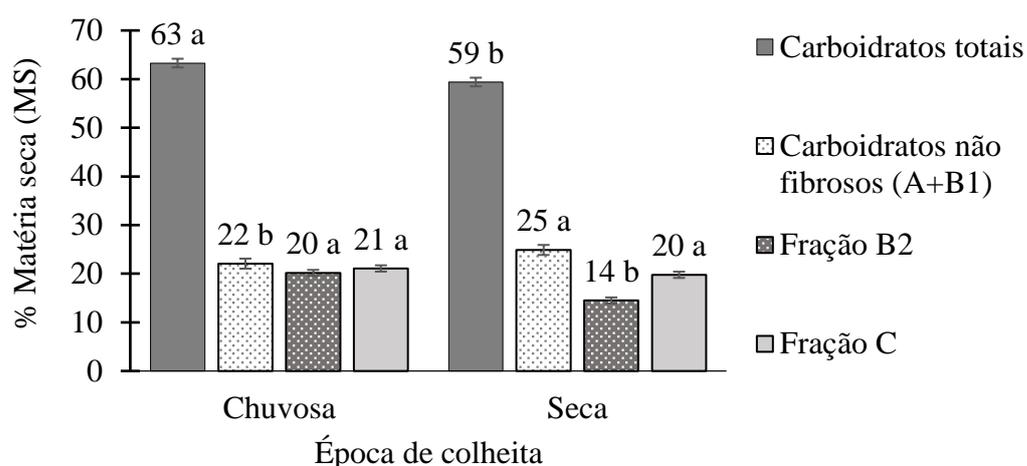


Figura 2. Carboidratos totais, não fibrosos (A+B1) e frações B2 e C (% Matéria seca: MS) da forragem de Jureminha cultivada por dois anos em região tropical subúmida, conforme época de colheita.

Médias seguidas de letras distintas, para cada fração, diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média.

Quanto ao fracionamento de proteína, foram verificadas alterações ($p < 0,0001$) nas frações A e B1+B2 promovidas apenas pelas épocas de colheita (Figura 3). Maiores proporções da fração A foram observadas na época chuvosa, enquanto na época seca foram constatados teores superiores da fração B1+B2. Em contrapartida, as frações B3 (8% da PB) e C (17% da PB) não foram afetadas por nenhum dos fatores estudados ($p \geq 0,05$).

Os coeficientes das correlações entre características nutritivas e produtivas da Jureminha são apresentados na Tabela 2. Correlações significativas positivas e negativas de diferentes magnitudes foram obtidas. As características produtivas apresentaram correlação negativa com os teores de PB e MM da forragem. Contudo, correlacionaram-se de forma positiva com teores de FDN, FDA, hemicelulose, celulose, CHOt e Fração B2. Isso promoveu associações negativas entre a PB e teores de FDN, FDA, hemicelulose, celulose, CHOt e Fração B2. Por outro lado, os teores de MS, FDN, FDA, hemicelulose e celulose apresentaram correlação negativa com os CNF bem como com a relação folha/ramo (RFR), que por sua vez, foi correlacionada positivamente com a PB, MM e DIVMS, enquanto a produção de vagens foi associada negativamente com a PB e DIVMS da forragem. Além disso, a DIVMS correlacionou-se de maneira negativa com a FDA, celulose, CHOt e Fração B2.

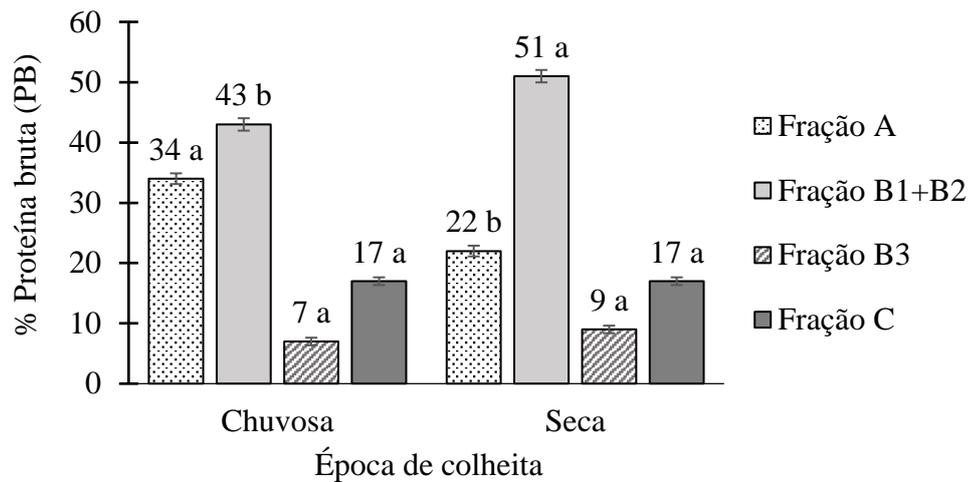


Figura 3. Frações A, B1+B2, B3 e C (% Proteína bruta: PB) da proteína da forragem de Jureminha cultivada por dois anos em região tropical subúmida, conforme época de colheita.

Médias seguidas de letras distintas, para cada fração, diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$). Traços verticais nas barras indicam o erro padrão da média.

Quanto às estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação, os valores de r variaram entre 0,60 e 0,98 e, de R^2 , entre 85,22 e 99,73% (Tabela 3). Ao considerar $R^2 = 0,90$, a fração B3 da proteína precisaria de seis medições para predizer seu valor real. Enquanto para as demais características, entre uma e quatro observações seriam suficientes para obtenção dessa confiabilidade. Com quatro ciclos de avaliações, foi possível obter o valor da fração B3 com $R^2 = 0,85$. Apenas duas medições seriam necessárias para obter o valor da fração C da proteína, considerando $R^2 = 0,99$.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre características nutritivas e produtivas de Jureminha cultivada em região tropical subúmida.

Variável ¹	PF	PR	PV	PFOR	PBT	RFR	MS	MM	PB	FDN	FDA	HEMI	LIG	CEL	DIVMS	CHOt	CNF	FraçãoB2
MS	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,30**												
MM	-0,19 ^{ns}	-0,21*	-0,24*	-0,20 ^{ns}	-0,21*	0,51**	-0,33**											
PB	-0,27**	-0,29**	-0,28**	-0,29**	-0,30**	0,63**	-0,37**	0,84**										
FDN	0,40**	0,42**	0,39**	0,42**	0,43**	-0,68**	0,18 ^{ns}	-0,51**	-0,64**									
FDA	0,36**	0,39**	0,35**	0,38**	0,38**	-0,70**	0,12 ^{ns}	-0,39**	-0,53**	0,88**								
HEMI	0,24*	0,25*	0,26*	0,25*	0,27**	-0,34**	0,18 ^{ns}	-0,38**	-0,49**	0,73**	0,40**							
LIG	-0,17 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,39**	0,36**	-0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,28**						
CEL	0,43**	0,44**	0,39**	0,44**	0,45**	-0,72**	0,19 ^{ns}	-0,60**	-0,74**	0,88**	0,85**	0,59**	-0,22*					
DIVMS	-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,22*	-0,15 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,53**	-0,36**	0,79**	0,84**	-0,56**	-0,44**	-0,47**	0,39**	-0,64**				
CHOt	0,32**	0,33**	0,32**	0,33**	0,34**	-0,65**	0,37**	-0,88**	-0,97**	0,71**	0,56**	0,55**	-0,41**	0,78**	-0,82**			
CNF	-0,16 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,27**	-0,19 ^{ns}	-0,41**	-0,40**	-0,21*	-0,26*	-0,22*	-0,14 ^{ns}	0,20 ^{ns}		
Fração B2	0,39**	0,38**	0,33**	0,39**	0,39**	-0,47**	0,25*	-0,61**	-0,70**	0,66**	0,45**	0,58**	-0,55**	0,71**	-0,63**	0,73**	-0,26*	
Fração C	-0,03 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,24*	-0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,34**	0,49**	0,05 ^{ns}	0,82**	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,33**	-0,38**

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ns: não significativo. ¹PF: Produção de folhas; PR: Produção de ramos; PV: Produção de vagens; PFOR: Produção de forragem (folhas + ramos); PBT: Produção de biomassa (folhas + ramos + vagens); RFR: Relação folha/ramo; MS: Matéria seca; MM: Matéria mineral; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEMI: Hemicelulose; LIG: Lignina; CEL: Celulose; DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; CHOt: Carboidratos totais; CNF: Carboidratos não fibrosos (A+B1).

Tabela 3. Coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação (R^2 %) e número de medições necessárias (η_0) para características nutricionais de Jureminha.

Característica	⁽¹⁾ ANOVA		η_0				
	r	R^2	R^2				
			0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Matéria seca	0,70	90,21	2	2	4	8	43
Material mineral	0,68	89,32	2	3	4	9	47
Proteína bruta	0,71	90,83	2	2	4	8	40
Fibra em detergente neutro	0,78	93,23	1	2	3	6	29
Fibra em detergente ácido	0,80	93,97	1	1	2	5	25
Hemicelulose	0,72	91,27	2	2	3	7	38
Lignina	0,82	94,64	1	1	2	4	22
Celulose	0,72	91,10	2	2	4	7	39
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	0,70	90,26	2	2	4	8	43
Carboidratos totais	0,74	91,92	1	2	3	7	35
Carboidratos não fibrosos (A+B1)	0,70	90,19	2	2	4	8	43
Fração B2 dos carboidratos	0,69	90,10	2	2	4	8	44
Fração C dos carboidratos	0,74	91,74	1	2	3	7	36
Fração A da proteína	0,80	94,05	1	1	2	5	25
Fração B1+B2 da proteína	0,78	93,41	1	2	3	5	28
Fração B3 da proteína	0,60	85,22	3	4	6	13	69
Fração C da proteína	0,98	99,73	1	1	1	1	2

⁽¹⁾ ANOVA: análise de variância.

4. DISCUSSÃO

O valor nutritivo da forragem de Jureminha não foi afetado pelas diferentes densidades de plantio e alturas de colheita, o que revela uma flexibilidade nutricional de manejo no cultivo dessa espécie forrageira. A ausência de efeito ($p \geq 0,05$) dos fatores estudados sobre os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), lignina e na digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), provavelmente, decorreu de a espécie estudada possuir metabolismo C₃, apresentando menor velocidade de crescimento, maior parte de sua composição com tecidos de rápida degradação (como o mesófilo) e, conseqüentemente, maior persistência do valor nutritivo em relação às C₄. Além disso, considerando a velocidade de crescimento das leguminosas, o intervalo de colheita fixo de 84 dias também pode ter contribuído para baixa lignificação da parede celular.

Contudo, como observado no Capítulo 2 (Tabela 4) e em trabalho realizado por Costa (2020), a variação dos fatores ambientais prevaletentes nos períodos de rebrota que antecedem às colheitas, contribuem para modificações na morfologia, estrutura e produção da Jureminha. Cerca de 90% da produção foi concentrada na época chuvosa e 10% na época seca (Capítulo 2, Tabela 4). Além disso, os fatores ambientais foram determinantes para a composição química da forragem colhida no presente estudo, uma vez que proporcionaram alterações nos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose, celulose (Tabela 1) e no fracionamento de carboidratos e de proteína (Figuras 2 e 3).

De acordo com Lee (2018), o valor nutritivo das plantas forrageiras cultivadas em regiões quentes pode ser impulsionado por adaptações fisiológicas e fenológicas para evitar a perda de água e prevenir o estresse por calor. As adaptações dependerão da intensidade e duração do déficit hídrico, bem como das potencialidades genéticas das espécies para responder a tais condições (QUEIROZ et al., 2021). Na Jureminha, Costa (2020) constatou em época chuvosa, taxas morfogênicas de aparecimento, alongamento e expansão foliar (0,19 folha.dia⁻¹; 0,041 e 0,020 cm.dia⁻¹, respectivamente) superiores às observadas em época seca (0,017 folha.dia⁻¹; 0,003 e -0,008 cm.dia⁻¹, respectivamente). Essas alterações podem constituir um mecanismo de adaptação da Jureminha à época seca, reduzindo a área de superfície para perda de água, como uma resposta fisiológica para sobrevivência. Em gramíneas, as adaptações incluem menores relações folha/colmo, paredes celulares mais

espessas, maior proporção de epiderme e maiores concentrações de lignina (KERING et al., 2011).

O maior teor de PB obtido na forragem colhida na época seca (Tabela 1) está fortemente correlacionado (0,63; Tabela 2) com as maiores relações folha/ramo (RFR) observadas nas colheitas realizadas nessa época (1,46 em dezembro/2018 e 0,82 em novembro/2019; Capítulo 2 Tabela 4), quando comparada às colheitas realizadas na época chuvosa (0,53 em julho/2018 e 0,55 em junho/2019). Geralmente a folha é a fração de maior valor nutricional nas plantas forrageiras, de forma que maior RFR pode resultar em forragem com mais PB e maior digestibilidade. Já o declínio nos teores de FDN, FDA, hemicelulose e celulose da forragem colhida na época seca em relação a época chuvosa, pode ser explicado pelo menor desenvolvimento das plantas, pelas correlações positivas com características produtivas e negativas com a RFR. Além disso, as características produtivas apresentaram associação negativa com a RFR; isto pode estar associado com o porte subarborescente da Jureminha e o aumento de sua produção ser resultante da maior proporção de caules.

Na época chuvosa, foram verificados RFR inferiores (Capítulo 2, Tabela 4), maior crescimento das plantas e maiores produções, notadamente de ramos, o que proporcionou participação mais expressiva de componentes estruturais, ocorrendo substituição do conteúdo celular por parede celular. Tal variação remete ao fato da resposta da planta aos fatores ambientais (Figura 1). Na época chuvosa, as condições ambientais favoráveis proporcionaram maior crescimento das plantas tendendo a aumentar a concentração de compostos estruturais inerentes a sua característica de sustentação (TAIZ et al., 2017). Todavia, isto não é tão visualizado na época seca, onde as condições são desfavoráveis, reduzindo a velocidade de crescimento das plantas e resultando em parede celular menos espessa.

Os altos teores de FDN (597,8 g.kg⁻¹) e de FDA (447,5 g.kg⁻¹) (Tabela 1), provavelmente, resultaram na DIVMS inferior a MS 500 g.kg⁻¹. Isso fica evidenciado pela associação negativa constatada entre a DIVMS e os teores de FDN e FDA (Tabela 2). De acordo com Gaviria-Urbe et al. (2020), dietas baseadas em alimentos com alto teor de fibras (FDN e FDA) são menos digestíveis do que aquelas baseadas em alimentos com baixo teor de fibra, porque a quantidade de fibra presente nas forragens está inversamente relacionada ao consumo de MS e à taxa de passagem, e diretamente relacionada ao aumento da resistência à redução do tamanho das partículas da forragem e, portanto, inversamente relacionada à sua

digestibilidade. Gramíneas forrageiras tropicais possuem, comumente, altos teores de FDN, que são correlacionados negativamente com consumo de forragem, isso ressalta o fato de que a inclusão de leguminosas forrageiras que geralmente possuem menor proporção de fibra, pode melhorar a qualidade da dieta de ruminantes.

A maior concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) foi observada na época seca, enquanto os carboidratos totais (CHOT) e a proporção da fração B2 foram superiores na forragem colhida em época chuvosa (Figura 2) devido, principalmente, à quantidade de biomassa produzida, mas também à composição estrutural da forragem. Isso é evidenciado pelas associações positivas dos CHOT e da fração B2 com características produtivas, e negativas com PB, RFR e DIVMS (Tabela 2). Carboidratos totais e fração B2 também apresentaram associações positivas com FDN, FDA, hemicelulose e celulose, que, por sua vez correlacionaram-se negativamente com os CNF. Assim, quando há maior proporção de ramos que, comumente, possuem menos PB que as folhas, as proporções da fração B2 e, por conseguinte, os CHOT tendem a aumentar na forragem (como constatado na época chuvosa), bem como quando há redução na proporção dos constituintes da parede celular (hemicelulose, celulose e lignina) há um consequente aumento do conteúdo celular, ou seja, de CNF.

Os CNF (fração A + B1) constituíram a fração com maior envolvimento dos CHOT (35 e 42% nas épocas chuvosa e seca, respectivamente), sendo seguidos pelas frações C (33% em ambas as épocas de colheita) e B2 (32 e 24% nas épocas chuvosa e seca, respectivamente). A soma das frações A e B1 constitui os CNF (de rápida fermentação ruminal, como açúcares solúveis, amido e pectina), a fração B2 é correspondente aos carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose) com lenta taxa de degradação, enquanto a fração C é composta pelos constituintes indigestíveis da parede celular, principalmente lignina (SNIFFEN et al., 1992). Dessa forma, para que a forragem apresente alto valor nutricional é desejável que a forragem apresente elevada proporção de CNF e menores proporções das frações B2 e C. Vale ressaltar que, alimentos com elevada proporção de CNF são considerados boas fontes energéticas para aumento dos microrganismos ruminais que os utilizam como substrato (SANTOS, C., et al., 2019).

Os níveis de PB variaram de 155,9 a 181,6 g.kg⁻¹ de MS, estando acima dos 60 g.kg⁻¹ de MS considerados por Gaviria-Urbe et al. (2020) como teor mínimo para que não haja restrições ao consumo e produtividade de ruminantes devido à deficiência de proteína. Dessa

maneira, a inclusão da forragem de Jureminha em dieta de ruminantes pode ocasionar aumento de PB, otimizando o valor nutritivo da dieta, notadamente na época seca, em que o pasto com gramíneas tropicais tende a apresentarem maior concentração de fibras e valores nutricionais mais baixos.

Além de se conhecer o teor de PB da forragem, é importante avaliar a disponibilidade desta, para não comprometer a eficiência da síntese proteica microbiana no rúmen (SANTOS et al., 2017), porque a proteína pode ser ligada à fibra ou formar complexos com taninos condensados (QUEIROZ et al., 2021). Deve-se notar que embora a forragem colhida tenha apresentado valores relativamente elevados de PB (Tabela 1), o fracionamento desta apontou que 17% correspondem à fração C (Figura 3), que equivale ao nitrogênio indisponível em nível ruminal e intestinal, com proteínas associadas à lignina, formando complexos de tanino e de produtos da reação de Maillard que são altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

No caso de a forragem conter, em média, $168,8 \text{ g.kg}^{-1}$ de PB (Tabela 1), se 17% correspondem à fração indigestível (ou seja, $28,7 \text{ g.kg}^{-1}$ de PB), ainda restariam $140,1 \text{ g.kg}^{-1}$ de PB disponíveis para potencial degradação no rúmen e/ou intestino. Assim como verificado no presente estudo, a associação de parte da PB às fibras também foi constatada por Ydoyaga-Santana et al. (2011), em área de caatinga manipulada, sendo que esses autores observaram que a PB variou entre 15,4 a 17,5% da MS, nos estratos arbustivos, porém cerca de 34,2 a 36% da PB ligada à FDA (Fração C da proteína).

Foi constatado também no fracionamento que 8% da PB é equivalente a fração B3 (Figura 3), representada pelas proteínas de ligação à parede celular, com lenta taxa de degradação ruminal ($0,02$ a $1,0\% \cdot \text{h}^{-1}$), sendo digeridas principalmente no intestino (SNIFFEN et al., 1992). Além disso, constatou-se que, na época chuvosa, 34% da PB corresponderam à fração A e 43% as frações B1+B2, enquanto, na época seca, a fração A foi constituída por 22% da PB e as frações B1+B2 por 51% da PB. A fração A (nitrogênio não proteico) é considerada solúvel, com rápida degradação ruminal, caracterizada como fonte de N prontamente disponível para utilização na síntese de proteína microbiana, aproveitada pelos ruminantes, enquanto a fração B1+B2, que não faz parte da parede celular, é classificada como proteína de degradação intermediária.

Fontes de nitrogênio não proteico são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais utilizam amônia como fonte de N (SANTOS, C., et al., 2019). Entretanto, altas proporções da fração A podem resultar em perdas nitrogenadas se houver a falta esqueleto de carbono prontamente disponível para síntese de proteína microbiana. Dessa forma, quanto maior a fração A da proteína, maior a necessidade de fornecer carboidratos rapidamente degradáveis no rúmen para que haja sincronização entre a liberação de energia e N. Assim, ao considerar a dinâmica das frações dos carboidratos e da proteína no rúmen, pode-se dizer que a utilização da forragem de Jureminha na alimentação animal possibilitaria sincronia nas taxas de degradação, uma vez que os CNF (rápida degradação) constituíram a fração com maior envolvimento dos carboidratos, principalmente na época seca, e as frações A e B1+B2 (rápida e média degradação) corresponderam, em média, a 28 e 47% da PB, respectivamente.

A ingestão de MS e a proporção do tipo de carboidrato (estrutural ou não estrutural) presente na dieta, além de exercerem influência direta na população microbiana do rúmen, afetam também o perfil de ácidos graxos voláteis e são de extrema importância para determinação da produção de CH_4 entérico (LEE, 2018). A formação de acetato e butirato, de modo geral, é resultado da fermentação de carboidratos estruturais, resultando em maior liberação de H_2 e, conseqüentemente, maior produção de CH_4 pelas arqueobactérias metanogênicas, enquanto o propionato é comumente produzido pela fermentação de carboidratos solúveis, sendo uma via competitiva para o uso de H_2 , reduzindo a produção total de CH_4 (ENRIQUEZ-HIDALGO et al., 2020).

A rápida taxa de degradação do CNF, em relação aos componentes do FDN, leva a uma menor produção de CH_4 por unidade de substrato degradado (GAVIRIA-URIBE et al., 2020). Isso ocorre devido a melhoria na qualidade do alimento com maior concentração de PB, menores teores de FDN e elevada digestibilidade, proporcionando uma alteração na população de microrganismos ruminais, aumentando a retenção de energia e favorecendo o aproveitamento dos nutrientes ingeridos pelo animal, refletindo na eficiência de produção e, conseqüentemente, reduzindo a emissão de CH_4 entérico por unidade de produto, já que uma quantidade menor de H_2 deve estar disponível (SANTOS et al., 2017).

Por outro lado, a produção de CH_4 entérico aumenta quando os ruminantes consomem forragem de qualidade inferior, e também pode ser influenciada por padrões temporais nos

valores nutritivos da forragem (LEE, 2018). Isso porque os fatores ambientais podem afetar os constituintes da parede celular. Assim, em razão das variações climáticas ao longo do ano, o crescimento forrageiro não é constante, o que pode promover drásticas flutuações na produtividade e no valor nutritivo das plantas, em função principalmente do aumento de componentes estruturais na MS, como celulose, hemicelulose e lignina, que é inversamente proporcional ao conteúdo celular, representado por PB e carboidratos solúveis (DAHER et al., 2017). Tal relação pode ser atribuída aos fatores estruturais de sustentação da planta durante o seu desenvolvimento, e é evidenciada pelas correlações negativas entre FDN, FDA, LIG, hemicelulose e celulose com a PB, DIVMS e CNF (Tabela 2).

A digestibilidade das plantas forrageiras pode ser reduzida como consequência do desenvolvimento reprodutivo e pela alta proporção de carboidratos de parede celular o que reduz a ação dos microrganismos ruminais, impedindo assim o acesso ao conteúdo celular (ERGON et al., 2017). As correlações negativas entre a produção de vagens e a PB e DIVMS da forragem (Tabela 2) são atribuídas ao período de floração e intensificação da senescência das folhas, assim, grande parte do nitrogênio proteico contido nas folhas acaba sendo translocado para desenvolvimento das sementes.

Embora os fatores ambientais tenham sido determinantes na produtividade (época chuvosa com 90% e época seca com apenas 10% da produção de forragem (Capítulo 2, Tabela 4), as alterações ocasionadas na composição química da forragem colhida (Tabela 1, Figuras 2 e 3) não resultaram em alterações nos teores de lignina, e na fração C dos carboidratos e proteínas, que são associados negativamente à digestibilidade da MS (GAVIRIA-URIBE et al., 2020). A ausência de alterações nesses compostos e na DIVMS, provavelmente foi oriunda do metabolismo C₃ da Jureminha, com menor velocidade de crescimento, reduzindo a deposição de carboidratos estruturais e mantendo a proporção de conteúdo celular.

A utilização de frequência de colheita fixa para a Jureminha ocasionou reduções drásticas na produtividade em época seca, em virtude dos fatores ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas e da reduzida velocidade de crescimento da leguminosa estudada nessa época, em relação à época chuvosa. Ressalta-se que o ajuste da frequência de colheita para a produção de plantas forrageiras deve sempre considerar o valor nutritivo da forragem, a quantidade de massa produzida, visando um bom desempenho animal (LASCANO;

CÁRDENAS, 2010), além da persistência do estande de plantas. Logo, a frequência de colheita utilizada para a Jureminha cultivada em condições de sequeiro em região tropical subúmida deveria ser variável conforme as épocas do ano.

As épocas de colheita podem ter desempenhado um papel importante para as diferenças na produção e composição química da forragem de Jureminha, mas não proporcionou alterações na digestibilidade da MS. Esses resultados são muito promissores na seleção de espécies forrageiras de alto valor nutritivo que crescem em regiões tropicais, indicando a persistência do valor nutricional da forragem de Jureminha, independente das densidades de plantio, alturas e épocas de colheita, bem como seu potencial para uso em dietas mitigadoras de metano para ruminantes.

Ruminantes pastejando gramíneas tropicais podem experimentar mudanças na qualidade da forragem ao longo do ano devido aos fatores ambientais, e ao aumento da maturidade das gramíneas com aumento do conteúdo da parede celular que diminuiu o valor nutritivo do pasto. Devido a isso, fornecer forragem com elevado valor nutritivo para os animais ao longo do ano é um obstáculo compartilhado por produtores de regiões tropicais. Além disso, as gramíneas tropicais sozinhas não atendem os 160 a 180 g.kg⁻¹ de PB em dietas para vacas em lactação recomendados pelo *National Research Council* (NRC, 2001). Contudo, uma solução para essa situação seria fornecer às vacas suplementos proteicos concentrados ou a própria forragem produzida pela de Jureminha, que neste estudo apresentou, em média, 168,8 g kg⁻¹ de PB.

Com base nos resultados obtidos, a Jureminha cultivada em condições de sequeiro, em região tropical subúmida, pode constituir um suplemento proteico para ruminantes alimentados com gramíneas tropicais. Nesse caso, uma análise econômica se torna necessária para determinar se seria mais rentável o fornecimento de suplementação com concentrados proteicos, uma vez que, o produtor ao cultivar essa leguminosa nativa, teria que considerar os custos com a implementação da legumineira e com mão de obra para colheita e fornecimento aos animais. Mais pesquisas podem ser necessárias visando ao aumento da produtividade de Jureminha e seu valor nutritivo em diversas condições de manejo, além dos efeitos dessa forragem no desempenho animal.

Quanto às estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r), Resende (2015) os classifica como baixos ($r \leq 0,3$); médios ($0,3 < r < 0,6$) e altos ($r \geq 0,6$). De maneira geral, constatou-se que, todas as características avaliadas apresentaram elevada magnitude de r e R^2 (Tabela 3), o que demonstra confiabilidade na estimação do número de observações necessárias para predizer o real valor das variáveis. Isso porque o coeficiente de repetibilidade indica a capacidade do genótipo de repetir a expressão de uma característica em medidas sucessivas em um indivíduo e o coeficiente de determinação (R^2) denota a precisão na previsão do valor real de um genótipo individual (FIGUEIREDO et al., 2019).

Os coeficientes de alta magnitude indicam também elevada regularidade na repetição do desempenho das características nutricionais de uma avaliação para outra. Essa alta regularidade pode ser atribuída a ausência de efeito dos fatores estudados sobre os teores de MS, MM, LIG e na DIVMS. Apesar da fração B3 da forragem não ter sido afetada pelas épocas de colheita, essa variável está diretamente relacionada aos teores de PB, FDN e FDA que apresentam influência dos fatores ambientais (Tabela 1), o que pode ter resultado na necessidade de mais medições (seis) para obtenção de $R^2 = 0,90$ (Tabela 3).

Entre uma e quatro observações seriam suficientes para obtenção do valor real das demais características avaliadas ($R^2 = 0,90$). Ao considerar $R^2 = 0,95$, quatro medições bastariam para predizer os teores de lignina. Já para obter o valor da fração C da proteína com $R^2 = 0,99$, apenas duas medições seriam suficientes. É possível obter $R^2 = 0,90$, mesmo reduzindo o número de medições de quatro para três na determinação de FDN, hemicelulose, carboidratos totais, fração C dos carboidratos e fração B1+B2 da proteína; e para duas medições ao determinar FDA, lignina e fração A da proteína. Dessa maneira, a redução do número de medições resultaria também na diminuição da necessidade de utilização de recursos humanos e financeiros, mantendo uma precisão de 90%.

5. CONCLUSÕES

Densidades de plantio e alturas de colheita não afetam o valor nutritivo, enquanto épocas de colheita promovem alterações na composição química, mas não afetam a digestibilidade da matéria seca da forragem da Jureminha cultivada em sequeiro, em região tropical subúmida.

A persistência do valor nutritivo da forragem de Jureminha ao longo dos anos de cultivo indica o potencial da espécie como suplemento proteico na dieta de ruminantes alimentados com gramíneas tropicais, notadamente na época seca. Ao considerar esse potencial, os produtores pecuários precisam tomar decisões com relação à interação entre o valor nutritivo e o rendimento da forragem para manter a lucratividade do seu sistema de produção.

Características nutritivas apresentam elevada repetibilidade. É possível reduzir o número de medições para determinar o valor real de fibras em detergente neutro e ácido, hemicelulose, lignina, carboidratos totais, fração C dos carboidratos e frações A e B1+B2 da proteína, com precisão de 90%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 21st ed. USA: AOAC International, 2019. 3290 p.
- ARCHIMÈDE, H. et al. Intake, total-tract digestibility and methane emissions of Texel and Blackbelly sheep fed C4 and C3 grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. **Journal of Cleaner Production**, v.185, p.455-463, 2018. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.03.059](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.059)
- BERÇA, A.S. et al. Methane production and nitrogen balance of dairy heifers grazing palisade grass cv. Marandu alone or with forage peanut. **Journal of Animal Science**, v.97, n.11, p.4625-4634, 2019. DOI: [10.1093/jas/skz310](https://doi.org/10.1093/jas/skz310)
- BOSCHMA, S.P. et al. *Medicago sativa* and *Desmanthus virgatus*: suitable perennial legumes in mixes with *Digitaria eriantha* in Australia during drought. **Crop and Pasture Science**, 2021. DOI: [10.1071/CP20291](https://doi.org/10.1071/CP20291)
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v.59, p.125-137, 2000. DOI: [10.1590/S0006-87052000000200002](https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200002)
- CAVALCANTI, F.J.A. et al. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª edição revisada. Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, Recife, Brasil, 212p., 2008.
- COOK, B.G. et al. **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, 2020. Disponível em: http://tropicalforages.info/text/entities/desmanthus_pernambucanus.htm. Acesso em: ago. 2020.

- COSTA, M.N.F. **Caracterização morfológica e estrutural de *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thellung sob diferentes densidades de plantio e altura de colheita.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, 51f., 2020. Disponível em: <http://www.ppgz.ufrpe.br/?q=pt-br/dissertacoes>. Acesso em: 04 mai. 2021.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. DOI: [10.4025/actasciagron.v35i3.21251](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251)
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. 668p.
- DAHER, R.F. et al. Variação sazonal na produção de forragem de clones intra e interespecíficos de capim elefante. **Agrarian**, v.10, n.38, p. 294-303, 2017.
- DINI, Y. et al. Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. **Animal Production Science**, v.58, n.12, p.2329-2334, 2017. DOI: [10.1071/AN16803](https://doi.org/10.1071/AN16803)
- DINIZ, W.P.S. et al. Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforestry Systems**, v.95, n.3, p.571-581, 2021. DOI: [10.1007/s10457-021-00609-7](https://doi.org/10.1007/s10457-021-00609-7)
- ENRIQUEZ-HIDALGO, D. et al. Incorporating a fresh mixed annual ryegrass and berseem clover forage into the winter diet of dairy cows resulted in reduced milk yield, but reduced nitrogen excretion and reduced methane yield. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, p.935, 2020. DOI: [10.3389/fvets.2020.576944](https://doi.org/10.3389/fvets.2020.576944)
- ERGON, A. et al. Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Nutritional quality. **Grass and Forage Science**, v.72, n.2, p.333-342, 2017. DOI: [10.1111/gfs.12257](https://doi.org/10.1111/gfs.12257)
- FERNANDES, F.D. et al. Repeatability, number of harvests, and phenotypic stability of dry matter yield and quality traits of *Panicum maximum* Jacq. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n.2, p.149-155, 2017. DOI: [10.4025/actascianimsci.v39i2.32915](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i2.32915)
- FIGUEIREDO, U.J. et al. Evaluating early selection in perennial tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n.3, p.291-299, 2019. [10.1590/1984-70332019v19n3a41](https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n3a41)
- FLÔRES JUNIOR, P.C. et al. Repeatability and genetic dissimilarity using biometric traits of black wattle seeds. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.2, p.333-337, 2018.
- FORNASERO, L.V. et al. Phenotypic, molecular and symbiotic characterization of the rhizobial symbionts of *Desmanthus paspalaceus* (Lindm.) Burkart that grow in the Province of Santa Fe, Argentina. **Plos One (Public Library of Science)**, v.9, n.8, p.e104636, 2014. DOI: [10.1371/journal.pone.0104636](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104636)

- FREITAS, A.D.S. et al. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.9, p.1856-1861, 2011. DOI: [10.1590/S1516-35982011000900003](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900003)
- GAVIRIA-URIBE, X. et al. Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel Cayman grass and its associations with two *Leucaena* shrub legumes. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, p.764, 2020. DOI: [10.3389/fvets.2020.579189](https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579189)
- 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. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- IYANAR, K. et al. A high biomass yielding legume fodder variety *Desmanthus* CO 2 suited for all states of India. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.12, n.1, p.137-141, 2021. DOI: [10.37992/2021.1201.020](https://doi.org/10.37992/2021.1201.020)
- KERING, Maru K. et al. Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.42, n.16, p.1958-1971, 2011. DOI: [10.1080/00103624.2011.591470](https://doi.org/10.1080/00103624.2011.591470)
- KUMALASARI, N.R.; WICAKSONO, G.P.; ABDULLAH, L. Plant growth pattern, forage yield, and quality of *Indigofera zollingeriana* influenced by row spacing. **Media Peternakan**, v.40, n.1, p.14-19, 2017. DOI: [10.5398/medpet.2017.40.1.14](https://doi.org/10.5398/medpet.2017.40.1.14)
- LASCANO, C. E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.175-182, 2010. DOI: [10.1590/S1516-35982010001300020](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300020)
- LEE, M.A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of Plant Research**, v.131, n.4, p.641-654, 2018. DOI: [10.1007/s10265-018-1024-y](https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y)
- LICITRA, G.; HERNANDEZ T.M.; VAN SOEST P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- McDOUGALL, E.I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.
- NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 381p., 2001.
- OLIVEIRA, O.F. et al. Condensed tannins bioactivity and nutritional value of *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud. under sheep grazing and different forage allowances. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.100, p.104359, 2022. DOI: [10.1016/j.bse.2021.104359](https://doi.org/10.1016/j.bse.2021.104359)

- PENGELLY, B.C.; LIU, C.J. Genetic relationships and variation in the tropical mimosoid legume *Desmanthus* assessed by random amplified polymorphic DNA. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 48, n. 1, p. 91-99, 2001.
- QUEIROZ, I.V. et al. Respostas na biomassa e químicas de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a privação de água. **Revista Caatinga**, v.34, n.4, p.937-944, 2021. DOI: [10.1590/1983-21252021v34n421rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n421rc)
- RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema. 463p., 2015.
- RODRIGUES, E.V. et al. Repeatability estimates and minimum number of evaluations for selection of elephant-grass genotypes for herbage production. **Bioscience Journal**, v.36, n.1, 2020. DOI: [10.14393/BJ-v36n1a2020-42075](https://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42075)
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 356p., 2018.
- SANTOS, K.C. et al. Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Livestock Science**, v.195, n.1, p.118-124, 2017. DOI: [10.1016/j.livsci.2016.12.002](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.12.002)
- SANTOS, C.B. et al. Protein and carbohydrates fractionation in Paiaguas palisadegrass intercropped with grain sorghum in pasture recovery. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, n.1, 2019. DOI: [10.4025/actascianimsci.v41i1.42693](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42693)
- SANTOS, M.V.F. et al. Native shrub-tree legumes of tropical America with potential for domestication. In **Legume perspectives**, v.17, p.33-35, 2019. Disponível em: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_17.pdf. Acesso em: jan. 2020.
- SAS - SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2015.
- SENGER, C.C. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, n.1-2, p.169-174, 2008. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008)
- SILVA, A.O.; MOURA, G.B.A.; KLAR, A.E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, p.46-60, 2014. DOI: [10.15809/irriga.2014v19n1p46](https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p46)
- SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, 2014. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2_053580. Acesso em: 06 mai. 2021.

- SUYBENG, B. et al. Methane emissions and the use of *desmanthus* in beef cattle production in Northern Australia. **Animals**, v.9, n.8, p.542, 2019. DOI: [10.3390/ani9080542](https://doi.org/10.3390/ani9080542)
- SUYBENG, B. et al. Supplementing Northern Australian beef cattle with *Desmanthus* tropical legume reduces in-vivo methane emissions. **Animals**, v.10, n.11, p.2097, 2020. DOI: [10.3390/ani10112097](https://doi.org/10.3390/ani10112097)
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 858 p., 2017.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963. DOI: [10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x)
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press., 476p., 1994.
- VERDECIA, D.M. et al. Effect of age of regrowth, chemical composition and secondary metabolites on the digestibility of *Leucaena leucocephala* in the Cauto Valley, Cuba. **Agroforestry Systems**, v.94, n.4, p.1247-1253, 2020. DOI: [10.1007/s10457-018-0339-y](https://doi.org/10.1007/s10457-018-0339-y)
- YDOYAGA-SANTANA, D.F. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.69-78, 2011. DOI: [10.1590/S1516-35982011000100010](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000100010)
- ZUBIETA, Á.S. et al. Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? **Science of The Total Environment**, v.754, p.142029, 2021. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.142029](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142029)

APÊNDICE

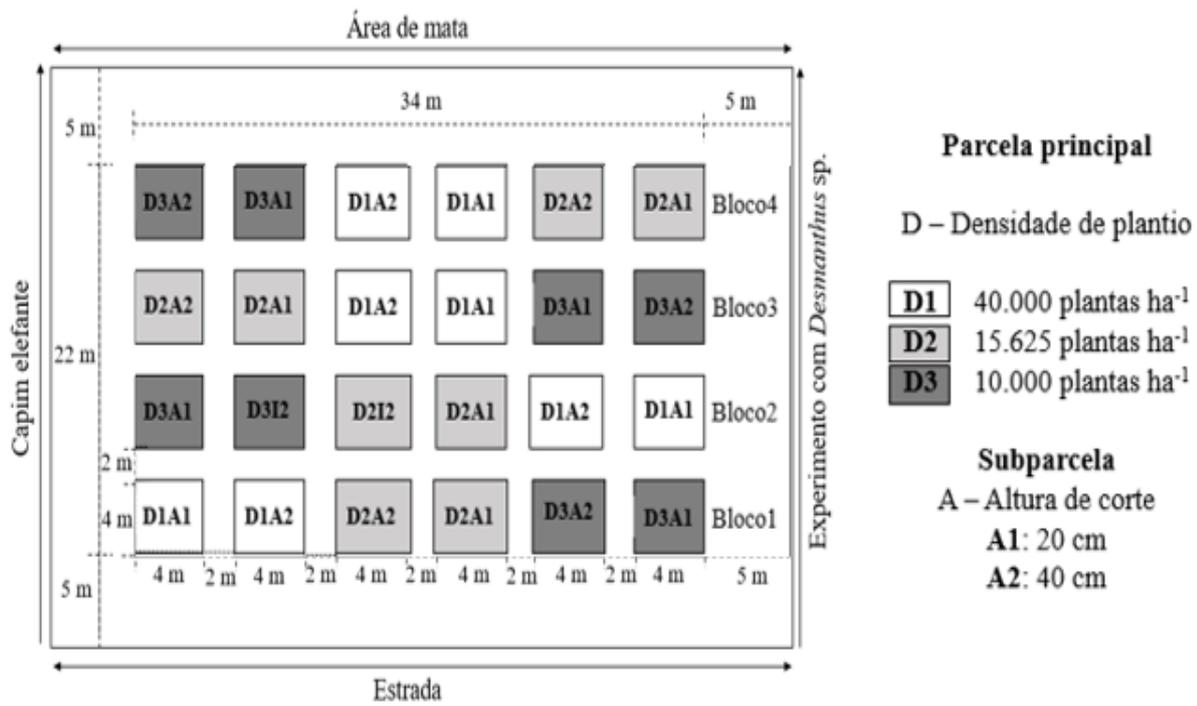


Figura 1. Croqui da área experimental com Jureminha cultivada sob diferentes densidades de plantio e alturas de colheita, Carpina-PE.