



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

**MARIA LORRANE SALDANHA FERREIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Desmanthus* EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO  
FOSFATADA**

**RECIFE  
2021**

**MARIA LORRANE SALDANHA FERREIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Desmanthus* EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO FOSFATADA**

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

Área de concentração: Zootecnia

Comitê de orientação:

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Prof. Dr. José Carlos da Costa

**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)

---

- F383c Ferreira, Maria Lorrane Saldanha  
Caracterização de acessos de *Desmanthus* em resposta à adubação fosfatada / Maria Lorrane Saldanha Ferreira. - 2021.  
55 f. : il.
- Orientadora: Mercia Virginia Ferreira dos Santos.  
Coorientador: Marcio Vieira da Cunha.  
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
Recife, 2021.
1. Época seca. 2. Jureminha. 3. Leguminosa. 4. Produção de matéria seca. I. Santos, Mercia Virginia Ferreira dos,  
orient. II. Cunha, Marcio Vieira da, coorient. III. Título

**MARIA LORRANE SALDANHA FERREIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE *Desmanthus* EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO  
FOSFATADA**

Dissertação defendida em 08 de setembro de 2021 e aprovada pela Comissão Examinadora:

Orientadora:

---

Profa. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Presidente

Examinadores:

---

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

---

Prof. Dr. Valdson José da Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE  
2021**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

MARIA LORRANE SALDANHA FERREIRA, nascida em 01 de dezembro de 1994, filha de Raimundo Enilson Mineiro e Luiza Aquino Saldanha, natural de Crateús – CE, iniciou o curso de graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus* Crateús, no ano de 2013, concluindo-o em setembro de 2018. Em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concluindo em setembro de 2021.

*À Deus, meu abrigo, refúgio e fortaleza. Ao meu amado filho, Joaquim Saldanha Ferreira, razão da minha felicidade. Ao meu esposo e companheiro de vida, Zaqueu Ferreira Rodrigues, pelo amor, companheirismo e apoio. Aos meus pais, Raimundo Enilson Mineiro e Luiza Aquino Saldanha e minhas irmãs Elícia Saldanha Mineiro e Alice Saldanha Mineiro, por todo apoio e amor nessa caminhada. Aos meus amigos, pela mão estendida e boas risadas.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, palavras não são suficientes para descrever tamanho amor.

Ao meu amado filho, Joaquim Saldanha Ferreira, sentido de tudo. Todo amor que existe em mim é teu.

Ao meu amado esposo, Zaqueu Ferreira Rodrigues, por todo amor, companheirismo e por escolher dividir comigo sua vida e sonhos.

Aos meus pais, Raimundo Enilson Mineiro e Luiza Aquino Saldanha, por todo amor, apoio e segurança e as minhas irmãs, Elícia Saldanha Mineiro e Alice Saldanha Mineiro, pela amizade, amor e carinho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado e evolução profissional.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

À Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, e todos que a fazem, por todo auxílio na execução desse trabalho.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, por seus valiosos conhecimentos compartilhados, exemplo profissional e dedicação, tornando possível a execução deste trabalho.

Aos professores Márcio Vieira da Cunha e José Carlos da Costa, pela coorientação, paciência e disponibilidade.

À todos os professores do Departamento de Zootecnia da UFRPE que contribuíram de forma significativa para a minha formação profissional.

Aos amigos Italtan Milfont Macêdo e Williane Patrícia da Silva Diniz por toda ajuda, paciência e disponibilidade do início ao fim na execução desse trabalho.

À Diana Valadares, que mesmo com tempo limitado e tantos outros trabalhos, dedicou seu tempo para me ajudar com análises finais, meu muito obrigada!

Ao professor Levy Paes, por todo apoio para realização de análises laboratoriais.

À todos que fazem o Laboratório de Nutrição Animal (LNA), Laboratório de Forragicultura, BIOPA e Laboratório de Química, pela disponibilidade e ajuda na realização das análises laboratoriais.

Aos meus amigos Aline Alves Mota, Apolonio Ribeiro Gomes e Lucas Vieira Cirilo, por acolher minha família, pela disponibilidade, boas risadas e toda ajuda prestada.

Aos amigos feitos ao longo dessa jornada: Ercvânia Rodrigues, Mária Nágila, Rita Manso, Daciele Abreu, Roberta Freitas e Dayane Albuquerque por toda ajuda, apoio e momentos de descontração.

À todos os colegas do Departamento de Zootecnia, em especial aos que fazem o grupo de Forragicultura, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

À todos que, de maneira direta ou indireta, foram essenciais para a finalização de mais um ciclo na minha vida. Minha gratidão à todos!



*Com Deus todas as coisas são possíveis.*

*(Mateus 19:26)*

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1 Importância das leguminosas nos sistemas de produção animal .....	16
2.2 Caracterização do gênero <i>Desmanthus</i> .....	18
2.3. Adubação fosfatada em leguminosas .....	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
4.1. Características morfológicas.....	29
4.2. Características produtivas.....	38
4.3. Características nutritivas.....	40
4.4. Teor de Fósforo .....	45
4.5. Sobrevivência .....	45
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabela 1-</b> Características químicas do solo da área experimental, Carpina- PE, no início e final do experimento .....	26
<b>Tabela 2-</b> Características morfológicas de <i>Desmanthus</i> , conforme a colheita .....	30
<b>Tabela 3-</b> Composição química de <i>Desmanthus</i> , conforme a colheita.....	41
<b>Tabela 4 -</b> Composição química de acessos de <i>Desmanthus</i> .....	42

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> - Balanço hídrico e dados de precipitação pluvial de junho de 2020 a junho de 2021 na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC) .....	24
<b>Figura 2</b> - Largura de planta de acessos de <i>Desmanthus</i> .....	32
<b>Figura 3</b> - Número de folhas por ramo de acessos de <i>Desmanthus</i> , conforme a colheita .....	33
<b>Figura 4</b> - Altura de planta (a) e número de ramos (b) de <i>Desmanthus</i> , conforme nível de adubação fosfatada.....	34
<b>Figura 5</b> - Características morfológicas de <i>Desmanthus</i> , conforme colheita e nível de adubação fosfatada.....	35
<b>Figura 6</b> - Número total de folhas por planta de <i>Desmanthus</i> , conforme acesso e nível de adubação fosfatada.....	37
<b>Figura 7</b> - Produção de matéria seca (kg/ha) de acessos de <i>Desmanthus</i> , primeira colheita. .	39
<b>Figura 8</b> - Produção de matéria seca (kg/ha) de <i>Desmanthus</i> , conforme adubação fosfatada, segunda colheita.....	39
<b>Figura 9</b> - Digestibilidade in vitro da matéria seca de <i>Desmanthus</i> , conforme acesso e colheita. ....	43
<b>Figura 10</b> - Taninos condensados de <i>Desmanthus</i> , conforme acessos (a) e colheita (b).....	44
<b>Figura 11</b> – Teor de fósforo de <i>Desmanthus</i> , conforme acessos (a) e colheita (b). ....	45
<b>Figura 12</b> - Sobrevivência de <i>Desmanthus</i> em diferentes colheitas .....	46

## RESUMO

A introdução de leguminosas forrageiras nos sistemas de produção animal trazem uma série de benefícios, tanto pelo aumento no valor nutricional da dieta, como maior sustentabilidade do sistema, e a adubação fosfatada é um dos manejos utilizados que podem melhorar o rendimento dessas culturas. Objetivou-se avaliar características morfológicas, produtivas e nutricionais, bem como sobrevivência dos acessos 7G (*Desmanthus pernambucanus*) e 13AU (*D. virgatus*), com um ano de idade, submetidos a quatro níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. O intervalo de colheita foi 84 dias (22/09/2020; 15/12/2020, 09/03/2021 e 01/06/2021), totalizando um (01) ano de avaliações. O corte das plantas foi realizado a 40 cm do solo. Foi avaliado a altura e largura da planta, diâmetro do caule, número de folhas por ramo e por planta, número, diâmetro e comprimento de ramos primários, largura e comprimento de folhas, relação folha/caule, produção de matéria seca (MS) e sobrevivência, além da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Na quarta colheita, as plantas de *Desmanthus* foram mais altas (113,26 cm) e largas (75,48 cm), com ramos mais compridos (54,03 cm) e grossos (0,25 cm), apresentando maior número de folhas por ramo (12,56) e folhas mais largas (5,43 mm) e compridas (6,98 mm). Na primeira colheita, as plantas apresentaram maior número de ramificações (20,74) e folhas (189,45) por planta. O acesso 7G apresentou plantas mais largas (66,2 cm) em comparação ao acesso 13AU (57,8cm). O nível de 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionou plantas mais altas (82,1 cm), com maior número de ramificações (15,3 ramos por planta) e maior produção de MS (333,5 kg/ha). Foi observada interação ( $p < 0,05$ ) entre os níveis de P estudados e o número de colheitas realizadas para comprimento de ramo primário, diâmetro de ramo, número de folhas por ramo e comprimento de folhas. O valor nutritivo das plantas apresentou diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as colheitas e os acessos. A maior presença de taninos condensados foi observada no acesso 7G. A maior sobrevivência das plantas foi observada na primeira colheita (94%). As características morfológicas e nutritivas, produção de MS e sobrevivência dos acessos de *Desmanthus* variaram conforme a colheita, acesso e adubação fosfatada.

**Palavras-chave:** Época seca. Jureminha. Leguminosa. Produção de matéria seca.

## ABSTRACT

Forage legumes applied in animal husbandry systems provides several benefits, either by improving the diet nutritional value, or greater system sustainability, in which the phosphate fertilization is a management tool that can improve crops yield. This study investigated the morphological, productive, and nutritional characteristics, as well as the survival of 7G (*D. pernambucanus*) and 13AU (*D. virgatus*) accessions under four levels of phosphate fertilization (0, 50, 100, and 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The experiment design consisted of randomized block, with split plots, and four replications. The harvest interval applied was 84 days (09/22/2020; 12/15/2020, 03/09/2021 and 06/01/2021), totaling one (01) year of evaluations. The plants were cut at 40 cm from the ground. Plant height and width, stem diameter, number of leaves per branch and per plant, number, diameter and length of primary branches, width and length of leaves, leaf/stem ratio, dry matter production (DM) and survival were recorded, as well as the chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility were analyzed. In the fourth harvest, *Desmanthus* plants were taller (113.26 cm) and wider (75.48 cm), with longer (54.03 cm) and thicker (0.25 cm) branches, with greater number of leaves by branches (12.56), and wider (5.43 mm) and longer (6.98 mm) leaves. In the first harvest, plants developed greater number of branches (20.74) and leaves (189.45) per plant. The access 7G were wider (66.2 cm) than the access 13AU (57.8 cm). The level of 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> promoted taller plants (82.1 cm), greater number of branches (15.3 branches per plant), and greater DM production (333.5 kg/ha). Levels of P and number of harvests interacted ( $p < 0.05$ ) for primary branch length, branch diameter, number of leaves per branch and leaf length. Plant nutritive value differed ( $p < 0.05$ ) among harvests and accessions. The greatest presence of condensed tannins was observed in the 7G access. The greatest plant survival was observed during the first harvest (94%). The morphological and nutritive characteristics, DM production and survival of *Desmanthus* accessions ranged according to harvest, access and phosphorus fertilization.

**Keywords:** Dry season. *Jureminha*. Legume. Dry matter production.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção animal no Nordeste brasileiro é severamente afetada por longos períodos de estiagem, que frequentemente ocorrem nessa região. Nesse cenário, é necessário o uso de estratégias para garantir a produção (Gonzalez et al., 2021), a persistência e o valor nutritivo das plantas forrageiras durante os períodos de seca.

A introdução de leguminosas forrageiras em sistemas de produção animal aumenta a qualidade da dieta devido às maiores concentrações de proteína, minerais e vitaminas presentes na forragem produzida. Pode aumentar também a quantidade de nitrogênio no solo por meio da fixação simbiótica, reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados (Idowu et al., 2013; Medeiros et al., 2020).

No entanto, é um desafio identificar espécies de leguminosas adaptadas a diferentes condições ambientais (Silvestri et al., 2020). Nas regiões semiáridas, como as presentes no Nordeste brasileiro, a seleção de espécies de leguminosas nativas promissoras é de suma importância para alimentação dos rebanhos (Cook; Schultze-Kraft, 2020).

O *Desmanthus* é um gênero de leguminosa tropical vigorosa, bem adaptada, que pode sobreviver e persistir em condições adversas (Mwangi et al., 2019). Plantas desse gênero são altamente selecionadas pelos animais em pastejo (Santos et al., 2019), apresentam alto teor de proteína, ausência de princípios tóxicos, antimetanolgênese demonstrada *in vitro* (Vandermeulen et al., 2018) e capacidade de se estabelecer e persistir bem em solos argilosos (Cook; Schultze-Kraft, 2020).

Lucrow (1993) relatou a ocorrência natural de cinco espécies do gênero *Desmanthus* no Brasil, entre elas, o *D. virgatus* (L.) Wild, que é a espécie com a maior distribuição nativa do complexo (Verloove e Borges, 2018), e o *D. pernambucanus* (L.) Thelhung, que possui maior ocorrência na região do Nordeste brasileiro (Pengelly e Liu, 2001). O *D. pernambucanus* tem sido amplamente confundido com o *D. virgatus* (Verloove e Borges, 2018), indicando uma baixa variedade morfológica nesse gênero (Albuquerque, 2013).

Alguns estudos realizados na região Nordeste do Brasil avaliaram *Desmanthus* quanto à densidade de plantio (Costa, 2020), frequência de colheita (Diniz Neto et al., 2013; Silva 2020; Silva Neto, 2020), intensidade de colheita (Calado et al., 2016; Albuquerque, 2017; Diniz et al., 2021) e suspensão hídrica (Queiroz et al., 2021). Entretanto, nessa região, são escassos estudos avaliando as respostas dessa leguminosa ao uso de adubação química.

A adubação fosfatada tem papel significativo no desenvolvimento da raiz, na absorção de nutrientes e crescimento de leguminosas (Mitran et al., 2018). A deficiência de P no solo

provoca impactos na produção dessas plantas, com efeitos negativos na fixação biológica de nitrogênio, formação de nódulos e capacidade fotossintética da folha (Yadav et al., 2017).

Nas leguminosas fixadoras de  $N_2$ , o fósforo representa um componente vital do processo simbiótico, sendo necessário em maiores quantidades devido ao seu papel na geração de energia para que a simbiose funcione em alto nível (Rotaru e Sinclair, 2009). No entanto, a maioria dos solos agrícolas apresentam quantidades de P insuficientes para suportar uma fixação biológica de N eficiente (Brow et al., 2013).

Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de adubação fosfatada sobre as características morfológicas, produção de forragem, valor nutritivo e sobrevivência de acessos de *Desmanthus*.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância das leguminosas nos sistemas de produção animal**

As pastagens são a base da sustentação da pecuária brasileira, sendo a principal fonte de alimento para os animais ruminantes. No Nordeste brasileiro, as leguminosas são importantes constituintes de áreas de pastagens nativas e fornecem vários benefícios para o meio ambiente (Muir et al., 2019). Além da utilização das leguminosas nativas na alimentação animal, essas também podem auxiliar na recuperação de áreas degradadas, visto que são plantas ecologicamente adaptadas, fixam nitrogênio e promovem maior biodiversidade (Santos et al., 2019).

Em sistemas de produção animal a pasto, o uso de leguminosas podem contribuir para o aumento da sustentabilidade, pois proporcionam uma série de benefícios, como fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, sequestro de C, forragem para insetos polinizadores ou herbívoros, aumento no valor nutritivo de forragens e na eficiência da conversão de forragem em proteína animal, além da mitigação na emissão de metano entérico (Luscher et al., 2018; Eugene et al., 2021).

A capacidade das leguminosas forrageiras em fixar biologicamente e utilizar o N atmosférico diminui a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018). Segundo Coskun et al. (2017), cerca de 50% do N aplicado em sistemas de cultivos tradicionais são perdidos para o meio ambiente na forma de amônia ( $NH_3$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ), sendo esse último um potente gás do efeito estufa (Stagnari et al., 2017).



Na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos relatando o elevado potencial de leguminosas forrageiras em fixar o  $N_2$  atmosférico. Dubeux et al. (2017) relatam valores de  $123 \pm 280$  kg N/ha/ano fixados simbioticamente em sete cultivares de *Arachis glabrata* Benth. Enquanto em sistemas de pastagens mistas de gramíneas e leguminosas, Boddey et al. (2015) citam valores de 98 a 135 kg N/ha/ano. Além disso, Pirhofer-Walzl et al. (2012) relatam valores entre 10 e 75 kg N/ha/ano transferidos das leguminosas para as gramíneas em sistemas de consórcio.

A capacidade de fixar N permite as leguminosas acesso a um reservatório de N indisponível para a maioria das outras espécies de plantas (Muir et al., 2019). Sendo assim, o uso de leguminosas forrageiras pode ser considerado como uma prática de manejo para melhorar a qualidade das pastagens e ajudar no processo de recuperação de áreas degradadas ao estimular o desenvolvimento das gramíneas (Terra et al., 2019).

A introdução de leguminosas forrageiras em sistemas de pastagens pode melhorar o valor nutritivo das dietas dos animais, fornecendo níveis mais elevados de proteína bruta (PB) (Sollenberger et al., 2014). Essas plantas são reconhecidas por possuírem elevado valor nutritivo, não somente em termos de concentração de proteína bruta, como também minerais, energia e alta digestibilidade quando comparadas às gramíneas (Lüscher et al., 2014). As leguminosas forrageiras são de grande importância na alimentação de animais ruminantes e não ruminantes (Kulkarni et al., 2018), e seu cultivo é considerado uma alternativa viável para a produção animal (Dias et al., 2020).

Além disso, nas leguminosas forrageiras, a presença de taninos condensados, o baixo teor de fibra e a alta taxa de passagem reduzem as emissões de metano entérico (Beauchemin et al., 2008). O gás metano ( $CH_4$ ) é um subproduto oriundo da fermentação anaeróbica de carboidratos no rúmen (Piñeiro-Vázquez et al., 2018) e responde por, aproximadamente, 39,1% dos gases de efeito estufa gerados pela produção de ruminantes (Gerber et al., 2013).

Diversas estratégias nutricionais foram estudadas e desenvolvidas para mitigar o  $CH_4$  entérico (Hristov et al., 2013), dentre elas, o aumento da qualidade da forragem ofertada e a alimentação de precisão para os animais ruminantes são as mais promissoras (Gerber et al., 2013). As leguminosas forrageiras possuem elevado valor nutritivo, e seu uso na alimentação desses animais pode contribuir na redução das emissões de  $CH_4$  por unidade de produto pecuário ou unidade de ração ingerida (Schultze-Kraft, 2018), contribuindo significativamente para a pegada ambiental da agricultura (Herrero et al., 2016).

Segundo Beauchemin et al. (2008), a produção de metano, oriunda da fermentação ruminal, geralmente é menor em animais alimentados com leguminosas do que com gramíneas,

principalmente pelo menor teor de fibra nessas plantas que induz uma taxa de passagem mais rápida no rúmen. Archimède et al. (2011) observaram que ruminantes alimentados com gramíneas produziram 17% mais metano (L/kg de matéria orgânica ingerida) do que aqueles alimentados com leguminosa. Na Austrália, Vandermeulen et al. (2018) avaliaram a produção de metano por incubação *in vitro* de três espécies do gênero *Desmanthus*, em comparação ao feno de gramínea (*Chloris gayana* Kunth) e observaram que a leguminosa produziu menores níveis de CH<sub>4</sub>, em comparação ao feno da gramínea.

Plantas que possuem taninos condensados, como o *Desmanthus*, tem a capacidade de modificar a fermentação ruminal, reduzindo as populações de bactérias e protozoários no rúmen e, conseqüentemente, as emissões de CH<sub>4</sub> (Puchala et al 2012). No entanto, a quantidade de TC presentes na forragem pode reduzir a ingestão voluntária e o metabolismo ruminal quando acima de 7% da MS da ração, sendo recomendado a ingestão de 3-6% para resultados positivos (Piñeiro-Vázquez et al., 2015).

Naumann et al. (2014) observaram variação de TC entre 3,2% e 12,5% em leguminosas perenes de estação quente, sendo as maiores concentrações encontradas em *Desmodium paniculatum* (L.) DC. var. *paniculatum*, *Mimosa strigillosa* Torr. & A. Gray e *Lespedeza stuevei* Nutt. Para o *Desmanthus illinoensis* (Michx.) MacMill. Ex B.L. Rob. & Fernald encontraram presença de 8,1% de taninos condensados totais. Enquanto Silva e Medeiros (2003) observaram teores de 2,4% em *Desmanthus virgatus*.

Leguminosas do gênero *Desmanthus* têm mostrado grande potencial para melhoria das pastagens e produção animal em regiões tropicais, como as existentes na América do Sul e Austrália (Rangel et al., 2015). Para Gardiner et al. (2010), plantas desse gênero possuem elevado potencial para aumentar significativamente a sustentabilidade dos sistemas de produção animal, sendo fortes candidatas para programas de melhoramento vegetal (Muir et al., 2019).

## 2.2 Caracterização do gênero *Desmanthus*

*Desmanthus* é um gênero relativamente pequeno, neotropical, com, aproximadamente, 24 espécies. A sua maior diversidade está no México (14 spp.) e no sul dos Estados Unidos (8 spp.), em ambientes sazonalmente secos, situados em altitudes baixas (Flora do Brasil, 2021).

Esse gênero tem demonstrado grande potencial como planta forrageira e possui ocorrência natural registrada tanto em regiões tropicais como subtropicais das Américas (Muir et al., 2014). No Brasil, Lucrow (1993) registrou cinco espécies nativas do gênero, *Desmanthus*

*leptophyllus* Kunt, *Desmanthus paspalacus* (Lindm), *Desmanthus tatuhyensis*, *Desmanthus virgatus* (L.) Wild e *Desmanthus pernambucanus* (L.) Thelhung, sendo a última mais recorrente na região Nordeste (Pengelly e Liu, 2001).

A Jureminha, como comumente é conhecida, é uma espécie autógama ( $2n = 26$  cromossomos) e sua propagação se dá via sementes (Santos et al, 2012), sendo esse um dos componentes chave para sua persistência e tolerância a regiões com baixos índices pluviométricos (Queiroz, 2016). Além disso, possui raízes profundas (Diniz Neto et al., 2013), o que permite maior exploração no perfil do solo.

O *D. pernambucanus* é um arbusto perene, com crescimento ereto ou decumbente, podendo alcançar 2,5 m de altura. Possui folhas compostas, bipinadas, com 2-6 pares de pinas e 9-21 pares de folíolos. Apresenta baixo número de ramificações basais e seus caules, enquanto jovens, podem apresentar a coloração verde ou vermelha. É nativo da América do Sul e Caribe, com grande ocorrência nos estados do Nordeste brasileiro. Ocorre em locais com precipitação anual variando de 420 a 875 mm, que normalmente passam por períodos de seca pronunciada. Em situações de geada, o tecido verde morre, mas as plantas voltam a crescer a partir da base (Cook, 2020). Tem sido amplamente confundido com *D. virgatus*, a espécie com a maior distribuição nativa do complexo (Verloove e Borges, 2018).

O *D. virgatus*, originário das Américas tropicais e subtropicais, é um subarbusto perene, apresenta crescimento decumbente ou ereto, chegando a 1,5 m de altura. Suas folhas são compostas, bipinadas, com 2-8 cm de comprimento, contêm 2-5 pares de pinas e 11-21 pares de folíolos. Seus caules são delgados, angulosos, verdes, tornando-se castanhos. Ocorre em uma ampla faixa de locais e é bem adaptado a ambientes com precipitação média de 550-1.000 mm. Muito tolerante ao corte e pastejo, suporta uma ampla faixa de temperatura, tolerando secas e geadas (Cook, 2020).

Plantas de *Desmanthus* conseguem se desenvolver bem em solos argilosos (Gardiner, 2016). No semiárido nordestino, Diniz Neto et al. (2013) observaram que essas plantas se desenvolveram mais em vertissolo do que em nitossolo. Em estudo realizado no semiárido pernambucano, foi observada a ocorrência de plantas do gênero *Desmanthus* nas mais diferentes condições ambientais e nos mais diversos solos existentes na região: gleissolo, neossolo litólico, vertissolo, argissolo vermelho amarelo e neossolo quartzarênico (Queiroz, 2012), demonstrando sua grande distribuição e adaptação às condições locais.

Segundo Santana Neto et al. (2015), a utilização de leguminosas forrageiras, como *Desmanthus*, apresenta-se como uma importante alternativa alimentar proteica de baixo custo para as regiões do semiárido brasileiro. Devido às características adaptativas, podem ser

utilizadas das mais diversas formas, tanto para pastejo direto, formação de bancos de proteína, sozinha ou em consórcio com gramíneas, e na forma de feno.

No semiárido pernambucano, acessos de *Desmanthus* apresentaram maior produção de forragem e quantidade de folhas quando manejados na intensidade de corte de 20 cm do solo e frequência de 60 dias (Calado et al., 2016). Em intensidades inferiores (40 e 80 cm do solo) e menor frequência (75 dias), na zona da mata norte de Pernambuco, as características produtivas e o valor nutritivo dessas plantas não foram afetados (Diniz et al., 2021).

Calado et al. (2016), avaliando a produtividade de cinco genótipos de *Desmanthus* spp. (7G, 31D, 50J, 10AU e 13AU), irrigados e submetidos a duas intensidades de corte (20 e 40 cm), observaram produção de MS de até 1102,06 kg/ha/corte, sendo o acesso 7G o mais produtivo. Diniz et al. (2021) relatam valores médios de 1363,5 kg de MS/ha na zona da mata norte de Pernambuco.

Albuquerque (2017) avaliou as características morfológicas de seis acessos de *Desmanthus* spp. (5G, 6G, 7G, 8AU, AS e SA) e duas intensidades de corte (40 e 80 cm). Foi observada diferença com relação às intensidades de corte para as variáveis alturas da planta e diâmetro do caule, tendo as plantas cortadas a 80 cm, apresentado os maiores valores (94,48 cm e 0,45 cm, respectivamente). O autor observou elevada variabilidade genética entre os acessos de *Desmanthus* para as características morfológicas.

Ao ser manejado em diferentes densidades de plantio (40.000, 15.625 e 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e duas intensidades de colheita (20 e 40 cm do nível do solo) na zona da mata norte de Pernambuco, o *D. pernambucanus* (L.) Thellung não apresentou diferenças nas taxas morfogênicas e características estruturais, sendo observadas taxa de alongamento do ramo de 1,14 cm dia<sup>-1</sup>, taxa de aparecimento de 0,19 folhas dia<sup>-1</sup>, taxa de alongamento foliar de 0,041 cm dia<sup>-1</sup> e expansão foliar de 0,020 cm dia<sup>-1</sup> (Costa, 2020).

Figueiredo et al. (2000) relataram valores de PB, FDN e FDA de 202, 409 e 267 g/kg de MS na planta inteira de *Desmanthus* aos 72 dias de rebrotação. Diniz et al. (2021) reportaram valores médios de 230 g/kg de PB nas folhas e 117 g/kg PB nos caules em acessos de *Desmanthus* spp. (5G, 6G, 7G e AS), e valores médios de digestibilidade de 463 e 362 g/kg para folhas e caules, respectivamente.

Plantas do gênero *Desmanthus* são conhecidas por apresentarem elevada persistência sob condições adversas. Segundo Lucrow (1993), durante a estação seca ou inverno, o *Desmanthus* adormece e, quando as condições de umidade e/ou temperatura são favoráveis, novos caules rebrotam da base. Uma pesquisa realizada em oito locais no semiárido do centro-oeste, norte e noroeste de Queensland, na Austrália, em regiões de solo argiloso, foi observada

a sobrevivência e prosperidade de apenas alguns acessos de *Desmanthus* entre outras leguminosas (*Stylosanthes*, *Alysicarpus*, *Centrosema*, *Chamaecrista*, *Clitoria* e *Vigna*), após duas décadas em condições adversas (pastejo, inundações, incêndios, geadas, secas e ataques de insetos) (Gardiner, 2016).

No entanto, apesar dos *Desmanthus* serem plantas consideradas adaptadas às condições locais, a escassez de água afeta seu completo desenvolvimento. Queiroz et al. (2021) observaram que, em condições de estresse hídrico, ocorrem alterações no crescimento e desenvolvimento dessas plantas, com acentuada redução no número de ramos, número e comprimento de folhas e diâmetro do caule. Medeiros et al. (2020) observaram que plantas de *Desmanthus* não toleram salinidade acima de 75 mM, e que, associada ao corte de manejo de 20 cm, ocorre a morte dessas plantas.

Quanto à capacidade de plantas do gênero *Desmanthus* fixarem N, Diniz (2016) observou variação da fixação de nitrogênio entre 85,51 e 97,59 kg N/ha/ano em acessos de *Desmanthus spp.* (6G e AS, respectivamente). Freitas et al. (2011), trabalhando com *D. pernambucanus*, encontraram valores em torno de 30 kg N/ha/ano.

### **2.3. Adubação fosfatada em leguminosas**

A baixa disponibilidade de nutrientes tem sido um dos principais fatores limitantes no crescimento das plantas em solos tropicais. O fósforo é um desses nutrientes que tem merecido maior preocupação, pois sua baixa disponibilidade é uma limitação mundial para o crescimento das culturas (Wang et al., 2017), visto que, dentre os vários nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, ele é um dos necessários em grandes quantidades (Heuer et al., 2016).

O fósforo é um macronutriente essencial para o crescimento, desenvolvimento (Liu et al., 2016; Młodzińska e Zboińska, 2016) e reprodução (López-Arredondo et al., 2014) das plantas. Esse nutriente é componente estrutural dos ácidos nucleicos e fosfolipídios e desempenha papéis essenciais na transferência de energia, transdução de sinal e ativação enzimática (Wang et al., 2017). Segundo Vance et al. (2003), nas plantas, a concentração de P pode variar de 0,05 a 0,50% do peso seco.

Nas leguminosas fixadoras de N, o fósforo parece essencial tanto para a nodulação, quanto para a fixação do N atmosférico (Stevens et al., 2019). No processo simbiótico, as bactérias fixam o N atmosférico e apoiam o crescimento da planta, enquanto a planta fornece fontes de carbono e nutrientes essenciais para apoiar o processo de consumo de energia na

fixação do  $N_2$  (Udvardi e Poole, 2013). A transformação do  $N_2$  a  $N_3$  pelas bactérias nos nódulos, através do complexo nitrogenase, consome muita energia ( Ma e Chen et al., 2021), e requer suprimento adequado de P para o desenvolvimento dos nódulos e a fixação do N (Suliman e Tran, 2015).

Segundo Rodrigues et al. (2003), o processo de absorção de P é similar na hifa micorrízica e na raiz, e depende da extensão da hifa externa, bem como do requerimento de P da planta hospedeira. O fosfato é absorvido pelas hifas micorrízicas e estocado nos tecidos do fungo como grânulos de polifosfatos inorgânicos, sendo remobilizado quando a absorção de P do solo for insuficiente para o crescimento da planta.

Vários fatores influenciam a disponibilidade do fósforo para as plantas, o pH do solo, efeito de cátions na rizosfera, presença de micorrizas e micro-organismos, são alguns deles. O pH tem grande influência no grau de solubilidade dos diferentes compostos fosfatados no solo. Em solos ácidos, o P pode reagir com ferro, manganês e alumínio para formar produtos insolúveis, tornando-se menos disponível para as plantas. Em solos alcalinos, o P pode reagir com o cálcio e o magnésio, diminuindo também sua disponibilidade. As formas mais solúveis ou disponíveis de P para as plantas ocorrem em um valor ótimo de pH entre 4,5 e 5,5 (Nahas, 1991).

Em solos alcalinos e neutros, as leguminosas fixadoras de N podem aumentar a disponibilidade de P através da acidificação da rizosfera em resposta a fixação de  $N_2$  (Hauggaard-Nielsen et al., 2009). Esta característica pode alterar a química da rizosfera e facilitar a aquisição de P na interface raiz-solo (Zhang et al. 2014).

A maioria dos solos com pouco P disponível para as plantas contém quantidades consideráveis de P, no entanto, uma grande proporção está ligada a diferentes constituintes do solo, formando complexos que limitam sua disponibilidade. Estima-se que, em plantas cultivadas, apenas 20 a 30% do fósforo aplicado são aproveitados, sendo grande parte desse nutriente perdido devido à fixação no solo e à atividade microbiana (López-Arredondo et al., 2014).

Em solos que apresentam deficiência de fósforo, as plantas respondem alocando mais carbono para as raízes, resultando em aumento do crescimento das raízes, da formação de raízes laterais, do tamanho e do número de pelos radiculares, o que resulta em uma maior exploração da superfície do solo, bem como no aumento da expressão de transportadores de P e exsudação de substâncias (ácidos orgânicos de baixo peso molecular, fosfatase ácida, etc.), que elevam a disponibilidade de P na vizinhança dessas raízes (Vance et al., 2003; Smith et al., 2003).

A baixa disponibilidade de P acarreta redução da taxa fotossintética e conseqüentemente uma inibição do crescimento da planta, entretanto, essa inibição é relativamente pequena na raiz e mais significativa na parte aérea, resultando em um aumento da relação raiz/parte aérea (Yun, 2001).

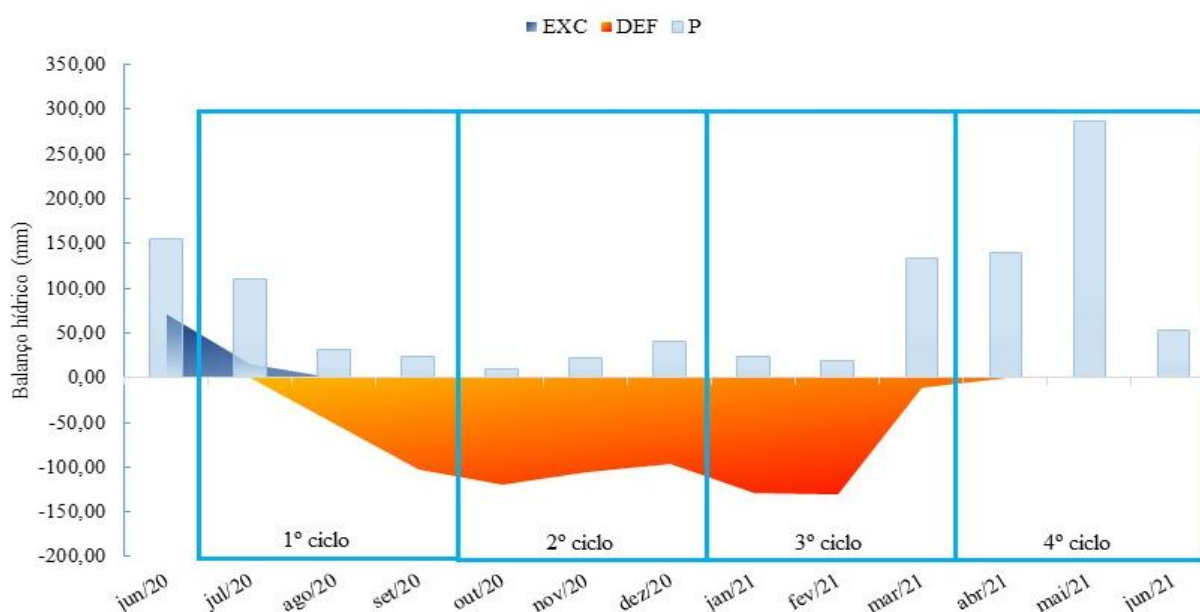
Em trabalho realizado por Freire et al. (2012) com níveis crescentes de P em *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) (0, 50, 100 e 150 mg. dm<sup>-3</sup>), observou-se redução na massa seca de raízes e aumento da relação parte aérea/raiz conforme aumento dos níveis de P. Diáz et al. (2013) também observaram redução no volume de raízes de *Leucena* na fase de viveiro com aplicação de até 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Já Caldas et al. (2009) não observaram efeito da adubação fosfatada em até 200 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o comprimento e peso seco de raízes e número de nódulos na leguminosa nativa sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth). Segundo os autores, a época e a forma de aplicação do fertilizante podem ter aumentado a adsorção do fósforo diminuindo sua disponibilidade.

O fósforo tem grande participação nos processos de divisão e alongamento celular (Namakka et al., 2017). Em trabalho realizado por McLachlan et al. (2021), os autores observaram aumento no aparecimento de meristemas em genótipos de *Desmanthus* em resposta à adubação fosfatada. Caldas et al. (2010) também observaram efeito da adubação com P até 200 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no comprimento de ramos de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth).

Em plantas de *Desmanthus* submetidas à adubação fosfatada (0, 40, 80 e 120 kg de P/ha), foi observado aumento no rendimento da matéria seca da parte aérea em até 80 kg de P/ha para *Desmanthus illinoiensis* (Michx.) MacMill. ex B.L. Roubar. & Fernald, *Desmanthus velutinus* Scheele e *Desmanthus virgatus* (L.) Willd (Osman et al., 2002). Spies et al. (1998) também observaram respostas de *Desmanthus* à adubação com P, mas os níveis críticos desse nutriente no solo não foram determinados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina, zona da mata norte do estado, 7°51'133" S e 35°14'102" W. De acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante na região é o Ams; tropical chuvoso de monção com verão seco. Durante o período experimental (julho/2020 a junho/2021), a precipitação acumulada foi de 893,5 mm, sendo 165,8; 73,1; 175,4 e 479,2 mm, respectivamente, para os ciclos de avaliação 1, 2, 3 e 4 (Figura 1).



**Figura 1.** Balanço hídrico e dados de precipitação pluvial de junho de 2020 a junho de 2021 na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) de junho de 2020 a junho de 2021. \*DEF.= déficit hídrico; EXC.= excesso hídrico; P= precipitação pluvial.

Os tratamentos experimentais foram dois acessos de *Desmanthus* spp. (*D. pernambucanus* -7G e *D. virgatus* -13AU), sob quatro níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). O acesso 7G é oriundo de coletas realizadas em Santa Cruz do Capibaribe (Queiroz, 2012), Pernambuco, Brasil. O 13AU foi obtido da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Sergipe (oriundo do Banco de Germoplasma da Austrália – CSIRO “Comunidade de Pesquisa Científica e Industrial”).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com arranjo de parcelas subdivididas e quatro repetições. Na parcela principal (2 x 4 m), foram avaliados os níveis de adubação fosfatada e, nas subparcelas (2 x 2 m), os acessos de *Desmanthus*. As plantas foram



estabelecidas no espaçamento de 0,5 x 0,5 m. A área total do experimento foi de 128 m<sup>2</sup>. Cada subparcela se constituiu de 16 plantas, sendo a unidade de amostragem as quatro plantas centrais.

As plantas foram estabelecidas em outubro de 2019, por meio de mudas produzidas na casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da UFRPE. As mudas foram produzidas por meio do plantio das sementes diretamente em sacos plásticos com capacidade para 1 kg de substrato (areia, solo e esterco). As sementes foram submetidas à quebra de dormência pelo método químico de escarificação, com solução de ácido sulfúrico, por 5 minutos (Cook et al., 2005).

O solo da área experimental é classificado como ARGISSOLO AMARELO, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), de classe textural franco arenosa. No início e no final do experimento (julho/2020 e junho/2021, respectivamente), foram coletadas amostras do solo da área experimental em cada uma das parcelas principais, na profundidade de 0-20 cm, sendo elaborada uma amostra composta, estando as características químicas das amostras de solo na Tabela 1. As análises das amostras de solo foram realizadas no Laboratório Plant Soil, em Petrolina-PE.

**Tabela 1.** Características químicas de amostras de solo da área experimental, Carpina- PE, no início e final do experimento.

Início do experimento												
Prof.	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H + Al)	Relações entre bases				
(cm)	H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )		Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg) / K	
0 - 20	5,42	0,11	0,10	3,51	0,95	0,11	3,61	3,7	32,4	8,8	41,2	
Prof.	SB	T	m	V	MO	P		CE	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
(cm)	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		(g/kg <sup>-1</sup> )	(mg/dm <sup>3</sup> )		(dS / m)	(mg/dm <sup>3</sup> )			
0 - 20	4,66	8,27	2,3	56,38	31,0	45,9	84,1	0,23	52,8	11,6	0,1	4,5
Final do experimento												
Prof.	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	AL <sup>3+</sup>	(H + Al)	Relações entre bases				
(cm)	H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )		Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg) / K	
0 - 20	5,52	0,05	0,04	3,81	0,78	0,17	3,89	4,9	73,8	15,1	88,9	
Prof.	SB	T	m	V	MO	P		CE	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
(cm)	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		(g/kg <sup>-1</sup> )	(mg/dm <sup>3</sup> )		(dS / m)	(mg/dm <sup>3</sup> )			
0 - 20	4,68	8,58	3,5	54,60	36,9	49,3	50,0	0,27	51,4	7,7	0,1	4,3

SB: Soma de Bases; T: Capacidade de troca catiônica efetiva; m: Saturação por alumínio ; V: Saturação por bases; MO: Matéria Orgânica ; CE: Condutividade Elétrica.

O estabelecimento das mudas em campo realizou-se após preparo do solo com aração e gradagem em covas com 20 cm de profundidade. No momento do plantio, fez-se adubação de fundação na cova com 20 e 50 kg/ha de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , respectivamente, de acordo com análise química do solo. A adubação foi definida seguindo as recomendações da cultura da *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Cavalcanti et al., 2008).

Em junho de 2020, ocorreu o corte de uniformização a 40 cm de altura e aplicou-se os níveis de adubação fosfatada a serem estudados, utilizando-se como fonte de P o superfosfato simples. As quatro colheitas seguintes foram realizadas com intervalos de 84 dias (22/09/2020; 15/12/2020, 09/03/2021 e 01/06/2021). Após cada colheita, exceto a última, realizou-se a aplicação dos níveis de fósforo. Quando necessário, realizou-se capina manual para controle de plantas invasoras e aplicação de formicidas para o controle de formigas cortadeiras.

Foram avaliadas a altura e largura da planta, diâmetro do caule, número de folhas por ramo e por planta, número, diâmetro e comprimento de ramos primários, largura e comprimento de folhas, relação folha/caule, sobrevivência e produção de matéria seca. As avaliações morfológicas foram realizadas a cada 84 dias em três plantas da subparcela. Foram escolhidos ao acaso dois ramos representativos em cada planta, sendo previamente identificados para mensurações de comprimento, contagem manual e periódica das folhas e suas medidas.

A altura e largura da planta e o comprimento dos ramos primários foram mensurados com auxílio de uma trena graduada em centímetros. Para altura da planta, mediu-se do nível do solo até o ápice do ramo mais alto. A largura foi obtida através da média aritmética de duas mensurações cruzadas e perpendiculares na horizontal de cada planta.

O diâmetro do caule e de ramos primários e a largura e comprimento de folhas foram medidos utilizando-se paquímetro graduado em milímetros. O número de folhas por ramo e número de ramos primários foram determinados por contagem manual. O total de folhas por planta foi obtido multiplicando-se o número de folhas por ramo pelo número de ramos por planta.

Para obtenção da relação folha/caule e produção de matéria seca, foram cortadas quatro plantas centrais da subparcela a 40 cm do solo. Após o corte, as plantas foram pesadas para obtenção da matéria fresca, fracionadas em folhas, caules e vagens e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 55° C por 72h. A relação folha/caule foi determinada por meio da divisão do peso seco da fração folha pelo peso seco da fração caule. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, em peneiras de 1 mm, identificadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises químicas, taninos condensados, teores de fósforo e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram realizadas em amostras da planta inteira (folhas e caules), referentes aos meses de setembro/2020 e junho/2021, relativos à primeira e última colheita. As análises dos teores de MS e proteína bruta (PB) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005). As análises de fibra em detergente neutro (FDN e fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram feitas conforme metodologia de Van Soest et al. (1991).

Os taninos condensados foram estimados segundo metodologia proposta por Hagerman e Butler (1978). Os teores de P na planta foram determinados através do método calorimétrico do Molibdo-vanadato. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo Tilley e Terry (1963), onde as amostras foram pesadas em sacos de TNT (tecido não tecido), previamente pesados, e incubadas com a solução tampão proposta por McDougall (1948) com pH de 6,8 e inóculo ruminal, na DAISYII Incubator (ANKOM® Technology), por 48 horas (estágio da fermentação ruminal). Após este período, foi adicionado 40 mL de solução de HCl (6N) e 8 g de pepsina, sendo então incubadas novamente por 24 horas (estágio da digestão química). Ao término, os sacos contendo os resíduos foram secos em estufa a 105 °C até peso constante e pesados.

As análises químicas, taninos condensados e DIVMS foram realizadas nos Laboratórios de Forragicultura, Nutrição animal (LNA) e Biologia aplicada à Produção Animal (BIOPA), do Departamento de Zootecnia da UFRPE. Enquanto a análise para determinação dos teores de P foram realizadas no Laboratório de Química do Departamento de Química da UFRPE.

A sobrevivência das plantas foi obtida através da contagem das plantas da área útil da parcela após o estabelecimento, aos 84, 168, 252 e 336 dias. Plantas com caules secos e sem folhas foram consideradas mortas.

Para avaliação das raízes, por ocasião da última colheita realizada (junho/2021), após formação de um anel de 30 cm de diâmetro ao redor do caule a uma profundidade de 30 cm, foi removida uma planta de cada subparcela, com auxílio de enxadeco. Em seguida, cuidadosamente, realizou-se a lavagem das raízes em água corrente para retirada do solo aderido. As raízes foram colocadas ao ar livre para secagem. Após a retirada do excesso de água, foram mensurados, com auxílio de uma trena graduada em centímetros, o comprimento da raiz principal e a largura da raiz total, e, com paquímetro graduado em milímetros, o diâmetro basal da raiz. As raízes foram levadas à estufa de circulação forçada a 55° C, por um período

de 72 horas, e posteriormente foram pesadas. A relação parte aérea/raiz foi obtida através da divisão do peso seco da parte aérea (folhas, caules e vagens) pelo peso seco das raízes.

Foram realizados testes para verificar se os dados atendiam aos requisitos para análise de variância, sendo as variáveis número de folhas por ramo, número de folhas por planta e relação folha/ramo transformadas a potência de -0,1. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o PROC MIXED do SAS OnDemand. Para as variáveis morfológicas, nutritivas e sobrevivência, foram considerados efeitos fixos os acessos, níveis de fósforo, colheitas e suas interações. Para produção de matéria seca, foi realizada a análise por colheita, sendo considerados efeitos fixos os acessos, níveis de fósforo e suas interações. Em todas as análises, os blocos foram considerados como efeito aleatório. As médias foram comparadas utilizando o procedimento PDIFF ajustado pelo teste de Tukey. Quando o efeito dos níveis de P foi significativo, realizou-se análise de regressão. As diferenças foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$ .

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Características morfológicas**

Houve efeito ( $p \leq 0,05$ ) da colheita sobre altura de planta, largura de planta, comprimento de ramos primários, diâmetro de ramos, número de folhas por ramo, número de ramos por planta, número de folhas por planta, largura e comprimento de folhas e relação folha/caule (Tabela 2). Não foram observados efeitos dos fatores estudados para diâmetro de caule dos acessos de *Desmanthus* que apresentou média de 1,2 mm.

**Tabela 2.** Características morfológicas de *Desmanthus*, conforme a colheita.

Variáveis	Colheita				EPM
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	
Altura de planta (cm)	90,4 b	55,6 c	50,8 c	113,3 a	2,54
Largura de planta (cm)	73,5 b	53,1 b	46,9 b	75,5 a	2,91
Comprimento de ramo primário (cm)	43,4 b	18,3 c	15,5 c	54,0 a	2,04
Diâmetro de ramo (mm)	0,23 b	0,16 c	0,12 d	0,25 a	0,01
Número de folhas por ramo	9,8 b	5,7 c	6,1 c	12,6 a	1,06
Número de ramos por planta	20,7 a	11,2 bc	8,4 c	12,0 b	1,08
Número de folhas por planta	189,4 a	55,3 c	45,5 c	136,8 b	1,10
Largura de folha (cm)	3,7 b	-	2,9 c	5,4 a	0,16
Comprimento de folha (mm)	5,5 b	-	3,8 c	7,0 a	0,19
Relação folha/caule	0,7 a	-	-	0,6 b	1,07

Médias seguidas por igual letra minúscula, na linha, não diferenciam pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. EPM – Erro padrão da média.

Na quarta colheita, as plantas de *Desmanthus* foram mais altas (113,3 cm) e largas (75,5 cm), com ramos mais compridos (54,0 cm) e grossos (0,25 cm), além de apresentarem maior número de folhas por ramos (12,6) e folhas mais largas (5,4 mm) e compridas (7,0 mm). Na primeira colheita, as plantas apresentaram maior número de ramificações e folhas por planta. Não foram observadas diferenças entre a primeira, segunda e terceira colheitas para a largura de plantas.

As características morfológicas estudadas estão diretamente ligadas à capacidade da planta em captar luz solar e competir por recursos. Provavelmente, as maiores médias observadas na primeira e quarta colheitas (Tabela 2), realizadas em setembro/2020 e junho/2021, podem ser associadas à maior disponibilidade de água para o desenvolvimento das plantas durante os 84 dias de (re)crescimento (Figura 1). Enquanto os menores valores observados para as características morfológicas na segunda e terceira colheitas (dezembro/2020 e março/2021) podem ser associados à menor disponibilidade de água no solo.

Em condições de estresse hídrico, características e processos moleculares, bioquímicos, fisiológicos, morfológicos e ecológicos das plantas são prejudicados (Ortiz et al., 2015). Para lidar com condições adversas desse tipo, as plantas reduzem a utilização de seus recursos e

ajustam seu crescimento (Bielach et al., 2017) para sobreviverem, o que provavelmente foi observado no presente estudo, na segunda e terceira colheitas, ocorridas em meses de acentuado balanço hídrico negativo (Figura 1).

Esse comportamento corrobora com resultados obtidos por Queiroz et al (2021), que, avaliando a resposta de acessos de *Desmanthus* spp. em dois períodos de suspensão hídrica (7 e 21 dias) durante 252 dias em ambiente controlado, observaram alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas, com redução no número de ramos, número e comprimento de folhas e diâmetro do caule. Segundo Humplík et al. (2017), há uma forte correlação entre o crescimento da planta e a disponibilidade de água. Em condições de estresse hídrico, acontece a redução da extensibilidade da parede celular e do turgor, inibindo o crescimento das plantas (Seleiman et al., 2019).

As médias de altura de planta observadas, independente da colheita, foram superiores à observada por Calado et al. (2016) de 49,03 cm em plantas de *Desmanthus* colhidas a intervalos de 60 dias, nas condições de Serra Talhada-PE. A altura de planta, bem como o intervalo entre as colheitas, afeta a produção de forragem e é de grande importância na resposta da forrageira ao manejo empregado (Diniz et al., 2021).

A largura de planta, o comprimento de ramos e a largura e comprimento de folhas podem favorecer uma maior cobertura do solo e maior área para captação de luz solar, aumentando a fotossíntese e, conseqüentemente, a síntese de carboidratos, o que reflete no crescimento e desenvolvimento da planta.

A quantidade de folhas e ramificações, além do diâmetro dos ramos, está diretamente relacionada ao potencial de acúmulo de biomassa da planta (Silva et al., 2010) e ao valor nutritivo da forragem. Uma maior relação folha/caule foi observada na primeira colheita (0,7) em relação à quarta colheita (0,6). Na segunda e terceira colheita, não foi possível mensurar essa variável devido à baixa produção de material vegetal (Tabela 2), efeito da baixa precipitação nos meses considerados secos para a região (Figura 1).

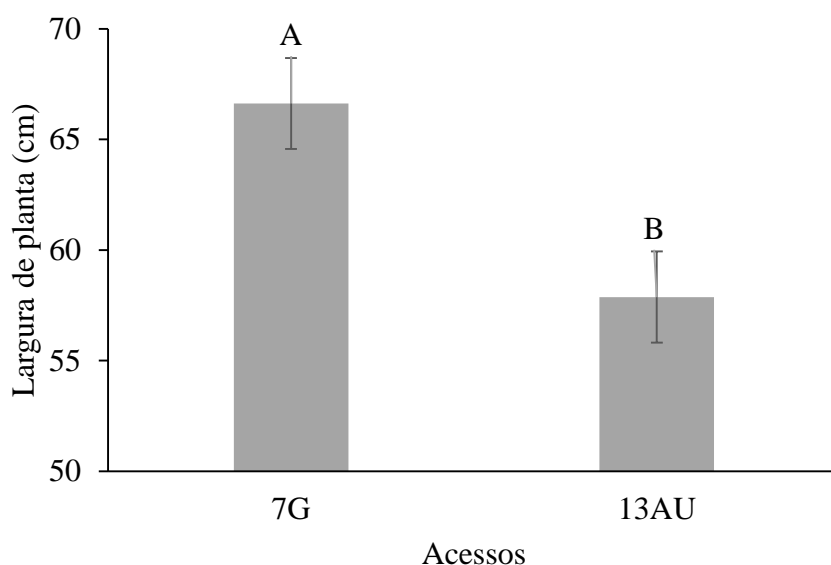
Na quarta colheita, as plantas apresentaram ramos mais grossos e compridos, em comparação à primeira colheita, o que pode justificar a menor relação folha/caule registrada para essa colheita. Na primeira colheita, a relação folha/caule foi a que mais se aproximou do valor desejável para plantas forrageiras, ou seja, valores próximos a 1,0 (Calado et al., 2016).

Medeiros et al. (2020), trabalhando em casa de vegetação com *Desmanthus* em função de diferentes ciclos de cortes (junho, agosto e outubro), em intervalos de 54 dias e fornecendo 300 ml de água diariamente, observaram valores semelhantes (0,6) ao do presente estudo. Já Calado et al. (2016), em condições de campo, fazendo uso de irrigação por gotejamento com

5,5 mm diários, encontraram relação folha/caule de até 1,3 em acessos de *Desmanthus* submetidos a duas intensidades de corte (20 e 40 cm) em intervalos de 60 dias, demonstrando a variação dessa característica, mesmo entre os acessos e em função do manejo empregado.

Segundo Teixeira et al. (2010), a relação folha/caule de uma leguminosa interfere no consumo de forragem pelos ruminantes, devido à maior seletividade destes por materiais mais tenros e nutritivos como as folhas. Sendo assim, é importante que as plantas forrageiras apresentem alta relação folha/caule, pois as folhas tendem a ter maiores concentrações de nutrientes em comparação aos caules, o que afeta diretamente o valor nutritivo da forrageira (Calado et al., 2016).

Foi observado efeito ( $p = 0,003$ ) dos acessos para largura de planta (Figura 2). O acesso 7G apresentou plantas mais largas (66,2 cm), em comparação ao acesso 13AU (57,8 cm). Calado et al. (2016), utilizando intervalos de colheita de 60 dias, também observaram maior largura de planta para o acesso 7G (90,7 cm) em comparação ao 13AU (69,5 cm), no semiárido pernambucano, valores superiores aos encontrados no presente estudo, mesmo com maiores intervalos de colheita.



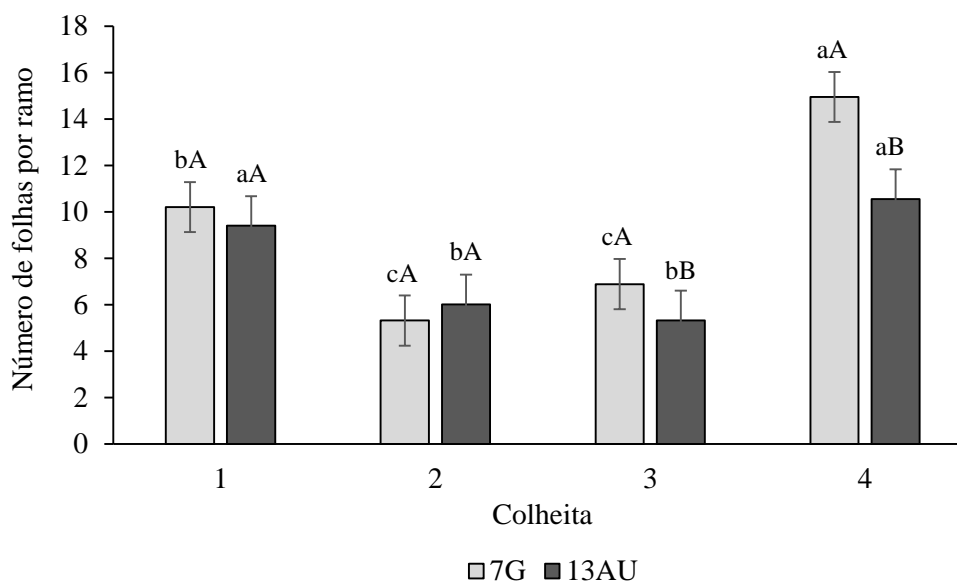
**Figura 2.** Largura de planta de acessos de *Desmanthus*.

Letras maiúsculas sobre a barra comparam os acessos pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

De acordo com Leite et al. (2012), a largura das plantas interfere na realização dos processos fisiológicos, bem como na sua capacidade de competir por recursos. Plantas mais largas são capazes de ocupar uma maior área, tornando-se mais competitivas e eficientes na busca por recursos, notadamente luz (Calado et al., 2016).



Houve efeito significativo ( $p = 0,002$ ) da interação acesso x colheita para o número de folhas por ramo (Figura 3). O acesso 7G apresentou maior número de folhas por ramo, em comparação ao 13AU na terceira e quarta colheita, enquanto na primeira e segunda não se observou diferença entre os acessos.



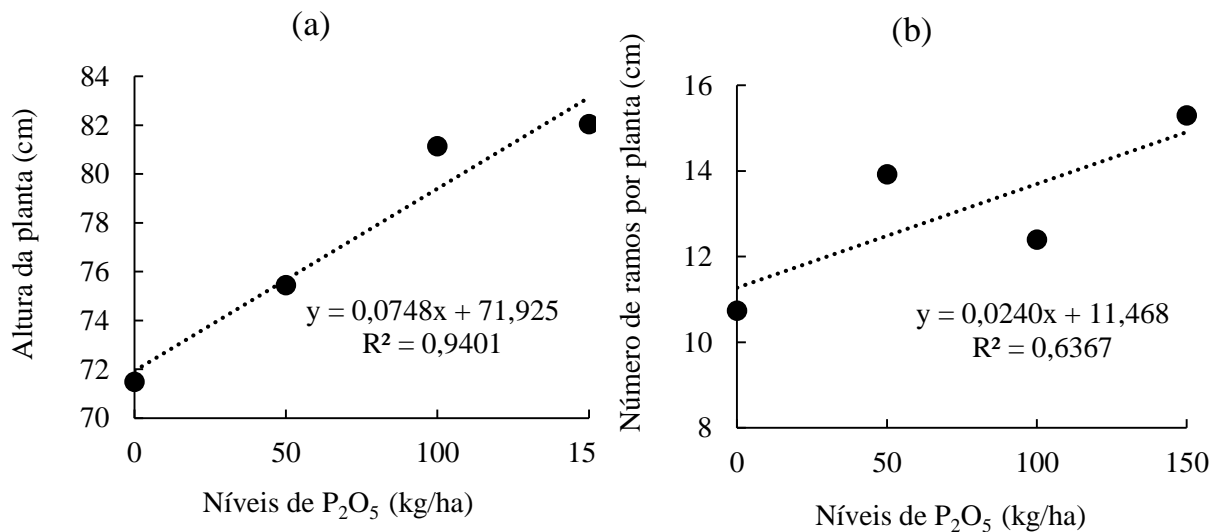
**Figura 3.** Número de folhas por ramo de acessos de *Desmanthus*, conforme a colheita. Letras maiúsculas sobre a barra comparam os acessos pelo Teste F e minúsculas as colheitas pelo de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

O maior número de folhas por ramo para o acesso 7G foi observado na quarta colheita (14,9 folhas por ramo), seguindo da primeira (10,2 folhas por ramo), enquanto as menores médias foram observadas na segunda e terceira colheitas (5,3 e 6,9), não diferindo entre si. O acesso 13AU apresentou as maiores médias para essa variável na primeira e quarta colheitas, que não diferiram entre si, e as menores na segunda e terceira colheita, as quais não diferiram entre si.

Calado et al. (2016) indicaram maiores números de folhas por ramo para o acesso 7G (14,2), em comparação ao 13AU (8,3) na zona da mata norte de Pernambuco. Diniz et al. (2021) encontraram número de folhas por ramo semelhante ao presente trabalho para o acesso 7G (15,0), o que também foi superior em comparação aos outros dois acessos de *Desmanthus* (5G e 6G) que apresentaram cerca de 10 folhas por ramo.

Foi observado efeito dos níveis de P aplicados para as variáveis altura de planta ( $p = 0,040$ ) e número de ramos por planta ( $p = 0,049$ ) (Figura 4). Para estas características, observou-se comportamento linear positivo em resposta à adubação fosfatada. O efeito do P na variável altura da planta ( $R^2 = 0,94$ ) de *Desmanthus* foi mais expresso que no número de ramos por planta ( $R^2 = 0,64$ ). Cunha et al. (2021) avaliaram diferentes genótipos de *Desmanthus* sp. e

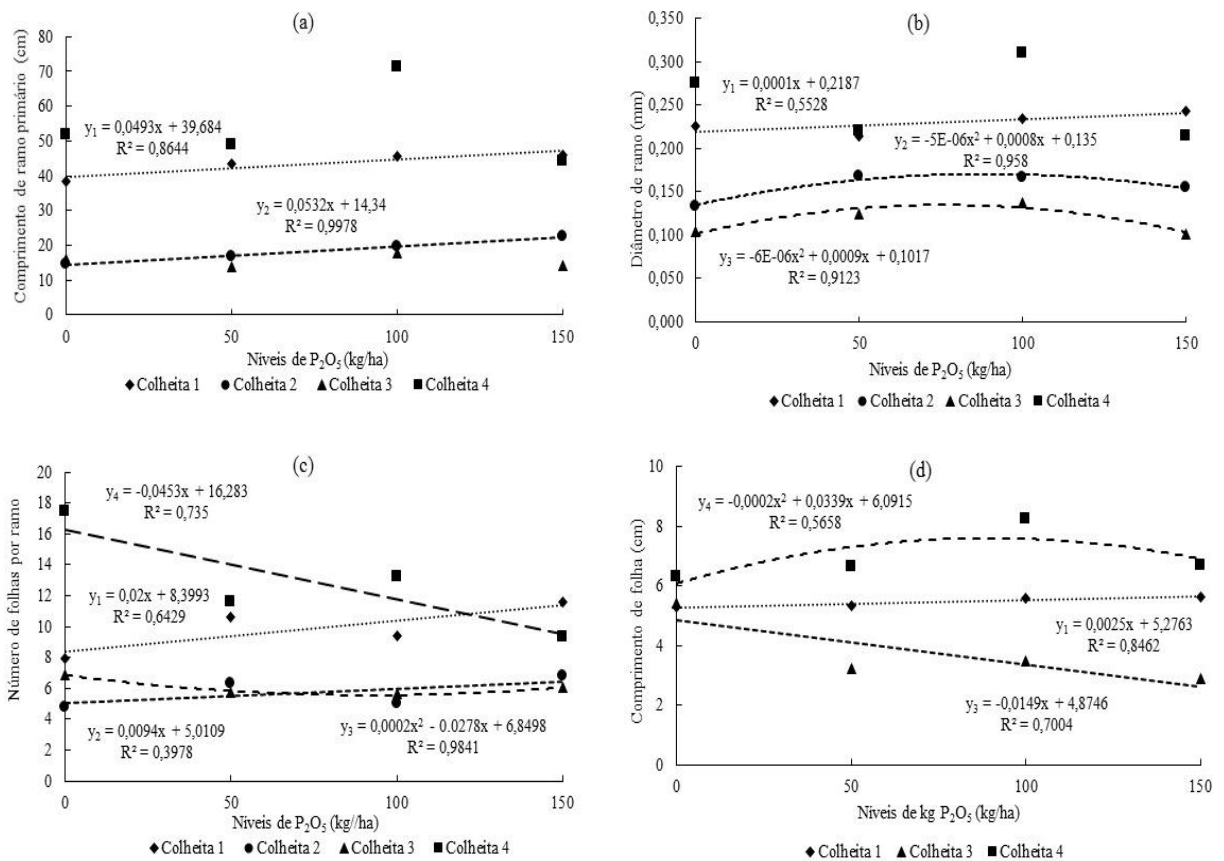
observaram alta magnitude de  $r$  e  $R^2$  para altura de plantas (0,85 e 97,62%), diâmetro de caule (0,91 e 98,73%), comprimento foliar (0,97 e 99,59%) e largura foliar (0,99 e 99,94%).



**Figura 4.** Altura de planta (a) e número de ramos (b) de *Desmanthus*, conforme nível de adubação fosfatada.

O fósforo é um nutriente móvel nas plantas, tem papel significativo na divisão e alongamento celular e se encontra muito concentrado em locais de divisão celular e desenvolvimento (Namakka et al., 2017), como o observado no presente estudo. O efeito positivo do P na altura e no número de ramificações pode promover maior área para captação de luz solar, e conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados, refletindo em maior crescimento das plantas.

Foi observada interação entre os níveis de P e as colheitas para comprimento de ramo primário ( $p = 0,023$ ), diâmetro de ramo ( $p = 0,006$ ), número de folhas por ramo ( $p < 0,0001$ ) e comprimento de folhas ( $p = 0,001$ ) (Figura 5). Na primeira e segunda colheitas, os ramos cresceram de forma linear positiva com o aumento dos níveis de P (Figura 5a). Os menores comprimento de ramos observados na segunda colheita em comparação a primeira, independente dos níveis de P, provavelmente estão relacionados à menor disponibilidade de água nesse período, como visto na Figura 1.



**Figura 5.** Características morfológicas de *Desmanthus*, conforme colheita e nível de adubação fosfatada.

Em trabalho realizado por Caldas et al. (2010), avaliando a resposta de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth), submetidas a diferentes níveis de P (0, 100 e 200 kg de  $P_2O_5$ /ha), não foi observado efeito dos níveis de P sobre o comprimento dos ramos, no entanto, os autores citam que o fósforo estimulou o número de brotações, o que afetou o desenvolvimento individual dos ramos.

Para o diâmetro dos ramos, apenas na primeira colheita, observou-se resposta linear positiva com o aumento dos níveis de P, com diâmetro de 0,24 mm no nível de 150 kg de  $P_2O_5$ /ha (Figura 5b). Na segunda e terceira colheitas, foi observado efeito quadrático para o diâmetro dos ramos em função dos níveis de P, tendo as plantas de *Desmanthus* ramos mais grossos no nível de 100 kg de  $P_2O_5$ /ha, com queda observada no nível de 150 kg de  $P_2O_5$ /ha. O menor desenvolvimento dos ramos observado na segunda e na terceira colheitas, independente dos níveis de P, provavelmente aconteceu devido ao esgotamento das reservas das plantas após passarem por colheitas sucessivas (Medeiros et al., 2020), em períodos de menor disponibilidade hídrica.

Para o número de folhas por ramo, observou-se comportamento linear positivo na primeira e segunda colheita, ao contrário da quarta colheita, que houve resposta linear negativa com queda de cerca de 47% do nível controle para o mais alto (Figura 5c). Na terceira colheita, o modelo de regressão quadrática foi o que melhor se ajustou à distribuição dos dados, onde o ponto de máxima calculado foi de 7,8 folhas por ramo, com a aplicação de 69,5 kg de  $P_2O_5$ /ha. De forma geral, maior número de folhas por ramo foi observado na quarta colheita no nível controle (17,4), enquanto menor quantidade de folhas por ramo (4,8) foi registrada na segunda colheita, também no tratamento que não foi adubado com fósforo.

Para comprimento das folhas de *Desmanthus*, na primeira colheita, observou-se comportamento linear positivo com o aumento dos níveis de P, com efeito inverso na terceira colheita (Figura 5d). Já na quarta colheita, foi observado efeito quadrático para comprimento das folhas em função dos níveis de P, com o ponto de máxima de 7,5 mm no nível de 84,7 kg de  $P_2O_5$ /ha. Para a segunda colheita, devido à queda das folhas pelas plantas (Muir et al., 2019) de forma estratégica nos meses de seca, para diminuir a perda de água ao reduzir a quantidade de tecidos transpiracionais (Markesteyn e Poorter, 2009), não foi possível avaliar essa característica.

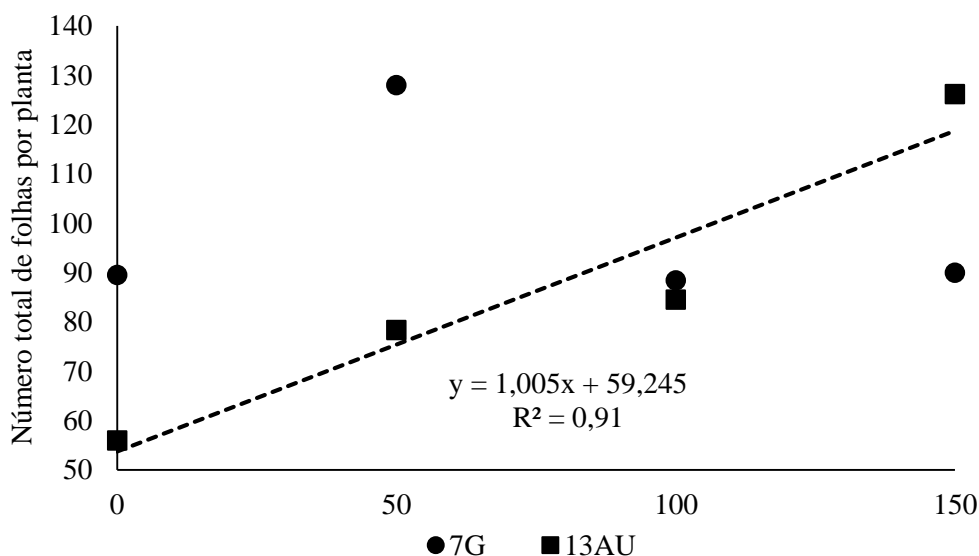
É possível observar que, para todas as variáveis morfológicas houve resposta linear positiva na primeira colheita. Esse efeito pode estar relacionado a fatores como a idade da planta e o suprimento adequado de água nos 84 dias de crescimento, que favoreceram a maior absorção do fósforo, visto que a baixa disponibilidade de água na rizosfera dificulta o crescimento da planta e conseqüentemente a absorção dos nutrientes pela mesma (Seleiman et al., 2019).

Em cultivos de sequeiro, como o do presente estudo, a irregularidade na disponibilidade de água para as plantas é um dos fatores que afetam absorção dos nutrientes minerais pelo sistema radicular. O fósforo é um elemento pouco móvel e sua absorção pelas raízes é efetuada principalmente pelo processo de difusão no solo, que é dependente da umidade do mesmo (Gahoonia et al., 1994).

A maior pluviosidade registrada nos meses referentes ao período de crescimento das plantas na primeira e quarta colheitas (Figura 1) refletiram em maiores médias para todas as variáveis, independente dos níveis de P aplicados, em comparação com os valores observados na segunda e terceira colheitas, que foram realizadas em períodos de balanço hídrico negativo.

Houve interação ( $p = 0,011$ ) entre os níveis de P e os acessos de *Desmanthus* para número total de folhas por planta (Figura 6). Para o acesso 13 AU, foi observado aumento linear positivo, que representou um incremento de cerca de 56% no número total de folhas por planta

do nível 0 para o de 150 kg de  $P_2O_5$ /ha. Para o 7G, não houve ajuste para nenhum modelo testado, apresentando média de 99 folhas por planta.



**Figura 6.** Número total de folhas por planta de acessos de *Desmanthus*, conforme o nível de adubação fosfatada.

O número de folhas presentes em um vegetal está relacionado ao potencial de acúmulo de biomassa da planta (Silva et al., 2010) e à qualidade da forragem. São nas folhas que se encontram as maiores concentrações de nutrientes e menores concentrações de fibras, comparado aos caules e raízes (Muir et al., 2019), que também estão diretamente relacionadas à captação da radiação solar e à produção de fotoassimilados.

Para largura de raiz, comprimento de raiz principal e diâmetro basal, não foram observados efeitos dos fatores estudados, apresentando valores médios de 25,8 cm, 34,5 cm e 1,8 mm, respectivamente. Também não foi observado efeito dos fatores estudados ( $p \geq 0,05$ ) para a relação parte aérea/raiz, a qual apresentou uma relação média de 1,25. Provavelmente, a aplicação do fósforo na superfície do solo pode ter afetado o desenvolvimento das raízes, visto que o crescimento da raiz da planta pode ser maior quando o fertilizante P não se encontra concentrado em uma área (Niu et al., 2012). Caldas et al. (2009) também observaram que a adubação fosfatada de até 200 kg de  $P_2O_5$ /ha não influenciou o comprimento e massa seca de raiz da leguminosa nativa Sabiá.

Diferentemente, trabalhando com gliricídia, Freitas et al. (2012) observaram que a adubação fosfatada aumentou a relação parte aérea/raiz em até 150 mg  $dm^{-3}$  de P, e Diáz et al. (2013) observaram redução no volume de raízes de *Leucena* na fase de viveiro com aplicação de até 50 kg de  $P_2O_5$ . Isso se deve à maior disponibilidade do nutriente no solo para as plantas,

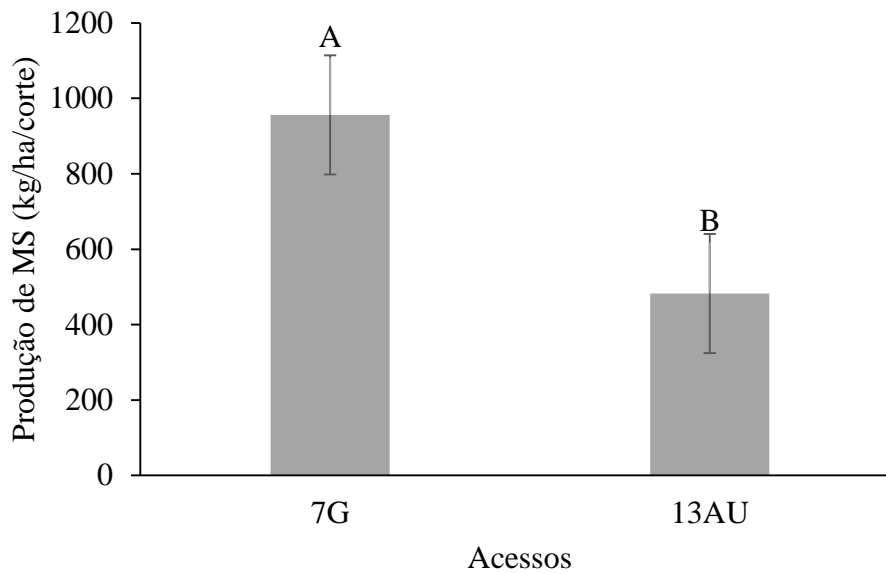
já que, em condições de deficiência de P, as plantas alocam mais fotoassimilados para a produção de raízes, visando maior exploração do solo em busca do nutriente (Nielsen et al., 2001).

No entanto, foi observado grande número de raízes superficiais, próximas à base do caule, nas plantas de *Desmanthus* que receberam adição de fósforo, indicando a busca pelo nutriente na camada mais superficial do solo. Também vale ressaltar a presença de poucos nódulos e de tamanho pequenos em algumas raízes dos acessos de *Desmanthus*, assim como a presença de cascas do que um dia foram nódulos.

Segundo Ma e Chen (2021), a fixação biológica de N consome muita energia, o que demanda uma entrada significativa de fotoassimilados produzidos pelas plantas e, quando as condições ambientais não são favoráveis, as plantas restringem os nódulos ao nível mínimo para suportar seu crescimento. Provavelmente, os meses consecutivos de balanço hídrico negativo (Figura 1) e a remoção do aparato fotossintético (folhas) das plantas durante quatro colheitas afetaram a produção de nódulos e, conseqüentemente, a fixação de N.

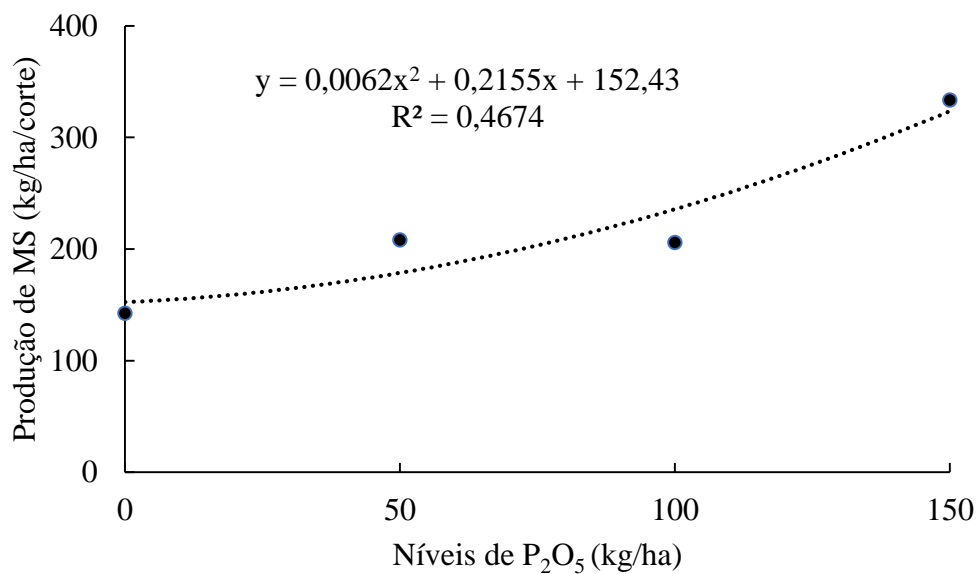
#### **4.2. Características produtivas**

Foi observado efeito ( $p < 0,001$ ) dos acessos para a produção de matéria seca na primeira colheita. O acesso 7G apresentou maior produção de matéria seca, cerca de 49% maior, em comparação ao acesso 13AU (Figura 7). Calado et al. (2016) também observaram superioridade da produção de forragem do acesso 7G em relação aos demais acessos, com média de 1102,06 kg de MS/ha, nas condições do semiárido de Pernambuco. A superioridade do acesso 7G, além do seu maior porte em comparação ao 13AU, pode também estar relacionada ao seu local de origem e à maior adaptação às condições climáticas, uma vez que é proveniente de coletas realizadas na região semiárida de Pernambuco, no município de Santa Cruz do Capibaribe (Queiroz, 2012).



**Figura 7.** Produção de matéria seca (kg/ha/corte) de acessos de *Desmanthus*, primeira colheita. Letras maiúsculas sobre a barra comparam os acessos pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

Na segunda colheita, para produção de matéria seca, observou-se efeito dos níveis de P aplicados (Figura 8) com modelo quadrático de regressão. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mostra o quanto a variável dependente é explicada pelo modelo proposto. O  $R^2$  pode variar de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste do modelo aplicado (Zhang, 2017). O  $R^2$  observado mostrou-se baixo para a variável estudada, indicando que aproximadamente 47% da variabilidade dos dados são explicados pelo modelo de regressão.



**Figura 8.** Produção de matéria seca (kg/ha) de *Desmanthus*, conforme adubação fosfatada, na segunda colheita.

No entanto, as plantas de *Desmanthus* foram responsivas à adubação fosfatada, e a máxima produção de matéria seca (333,5 kg de MS) foi observada no nível de 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Tais resultados corroboram com os relatados por Osman et al. (2002), que, avaliando as doses de 0, 40, 80 e 120 kg de P/ha, observaram aumento no rendimento da matéria seca da parte aérea até 80 kg de P/ha, para *Desmanthus illinoiensis* (Michx.) MacMill. ex B.L. Roubar. & Fernald, *Desmanthus velutinus* Scheele e *Desmanthus virgatus* (L.) Willd.

De acordo com Miltran et al. (2018), o fósforo, na maioria dos solos tropicais, é um importante nutriente que limita o crescimento das plantas pelas diversas funções que desempenha. A aplicação de uma dose ótima desse fertilizante pode influenciar significativamente na melhoria do crescimento e da produtividade de plantas leguminosas, o que foi observado no presente estudo.

Na terceira e quarta colheita, não foi observado efeito dos fatores estudados ( $p > 0,05$ ) para a produção de matéria seca, que apresentaram produção média de 204,37 e 1760,0 kg de MS/ha/corte. Provavelmente, a ausência de respostas das plantas à adubação fosfatada na primeira e quarta colheitas, mesmo com chuvas dentro do ciclo, podem estar relacionada à idade das plantas ou até mesmo pela lixiviação de parte do adubo pela forma que foi aplicado, ou seja, sem incorporação, enquanto, na terceira colheita, o déficit hídrico pode ter sido o fator limitante.

Vale ressaltar que plantas de *Desmanthus* representam importante recurso forrageiro nas condições de semiárido. Silva Neto (2020) observou ausência de efeito para produção total de forragem e de folhas entre as leguminosas estudadas, demonstrando o potencial produtivo da espécie nativa *D. pernambucanus*, sendo comparável à leguminosa exótica *C. ternatea* ou ainda à cultivar selecionada de *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande.

### 4.3. Características nutritivas

Houve efeito ( $p \leq 0,05$ ) das colheitas para MS, FDN, FDA, Lignina, PIDN e PIDA da forragem de *Desmanthus* (Tabela 3). Não foi observado efeito ( $p = 0,212$ ) desse fator para PB, apresentando média de 144,2 g/kg.



**Tabela 3.** Composição química de *Desmanthus*, conforme a colheita.

Variáveis (g/kg de MS)	Colheita		EPM
	1 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	
MS	365,0 b	426,5 a	9,5
PB	140,4 a	148,0 a	4,3
FDN	621,6 a	569,3 b	6,4
FDA	546,7 a	446,3 b	7,7
Lignina	177,2 a	122,5 b	5,5
PIDN	83,0 a	66,8 b	0,6
PIDA	100,6 a	57,4 b	0,5

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PIDN: proteína indigestível em detergente neutro; PIDA: proteína indigestível em detergente ácido. EPM - erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha não se diferenciam pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade.

Foi observado menor teor de MS na primeira colheita (365,0 g/kg), em comparação à quarta colheita (426,5), o que pode ser devido à menor pluviosidade (165,8 mm) registrada nos 84 dias de intervalo para a primeira colheita após o corte de uniformização, comparada à quarta colheita, que foram registrados 479,2 mm no mesmo intervalo de tempo. Na primeira colheita, observou-se a forragem com maiores valores de FDN (621,6 g/kg de MS), FDA (546,7 g/kg de MS), lignina (177,2 g/kg de MS), PIDN (83,0 g/kg de MS) e PIDA (100,6 g/kg de MS), comparados aos encontrados na forragem colhida na quarta colheita.

Houve efeito ( $p \leq 0,05$ ) dos acessos de *Desmanthus* para MS, PB, FDN, FDA e PIDA (Tabela 4). Não foram encontradas diferenças significativas entre os acessos para Lignina e PIDN, que apresentaram valores médios de 150,0 e 75,0 g/kg respectivamente. O acesso 7G apresentou maior teor de MS (411,6 g/kg de MS), comparado ao acesso 13AU (379,9 g/kg de MS). O acesso 13AU apresentou maior PB, no entanto, grande proporção dessa proteína está ligada à fibra (PIDA), o que a torna indisponível. A alta proporção de N ligada à fibra é característica de algumas leguminosas (Santos et al., 2019), a exemplo da *Desmanthus*.

**Tabela 4.** Composição química de acessos de *Desmanthus*.

Variáveis (g/kg MS)	Acessos		EPM
	7G	13AU	
MS	411,6 a	379,9 b	9,5
PB	133,7 b	154,7 a	4,3
FDN	608,3 a	582,6 b	6,5
FDA	517,0 a	476,0 b	7,7
Lignina	152,1 a	147,5 a	11,0
PIDN	69,5 a	80,3 a	0,6
PIDA	72,2 b	85,05 a	0,6

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PIDN: proteína indigestível em detergente neutro; PIDA: proteína indigestível em detergente ácido. EPM - erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha não se diferenciam pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade.

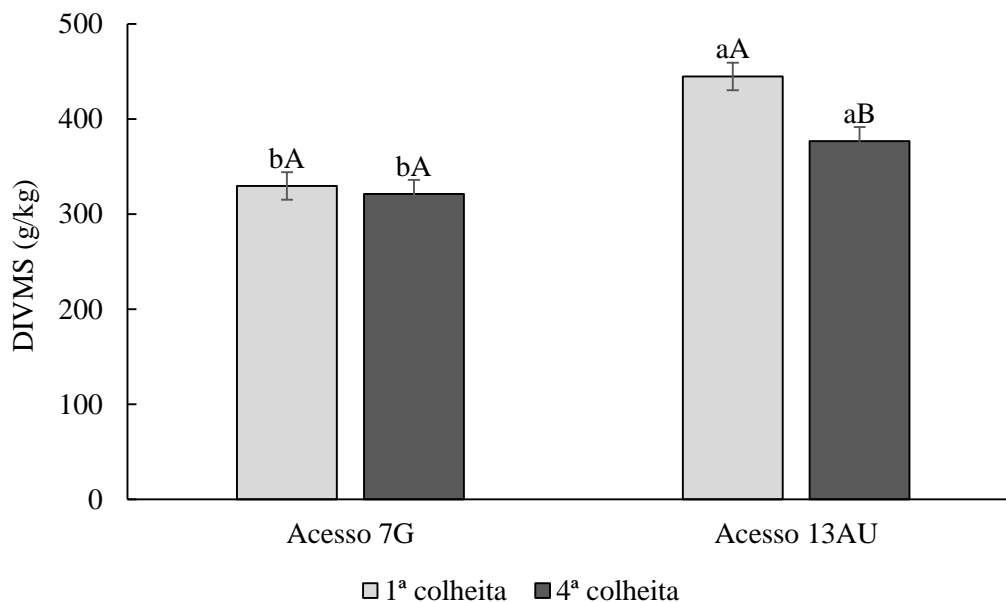
A FDN está diretamente relacionada ao consumo de matéria seca, e teores superiores a 500 g/kg de MS limitam a ingestão de alimentos pelos animais ruminantes devido à baixa taxa de passagem pelo sistema gastrointestinal. Já teores de FDA próximos ou superiores a 400 g/kg de MS limitam o consumo e diminuem a digestibilidade (Silva et al., 2013), visto que essas frações são as menos digestíveis em um vegetal.

Diniz et al. (2021) encontraram maiores teores de FDN e FDA nos caules (657 e 457 g/kg de MS) de plantas de *Desmanthus* que nas folhas (373 e 195 g/kg de MS). A maior presença de caules observada no presente estudo (Tabela 2) pode ter sido o responsável por elevar os teores dessas frações.

Os altos valores de FDN e FDA observados em ambas as colheitas (Tabela 3) e acessos de *Desmanthus* (Tabela 4), além da lignina, podem ser fatores limitantes no consumo dessas plantas, o que também pode ser observado pela baixa digestibilidade (Figura 9).

Houve interação ( $p = 0,04$ ) entre os acessos e as colheitas para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Figura 9). O acesso 13AU apresentou maior digestibilidade em ambas as colheitas (444,8 e 376,8g/kg na primeira e quarta colheita, respectivamente), em comparação ao acesso 7G (329,7 e 321,4 g/kg respectivamente). A menor digestibilidade do acesso 7G comparada a outros acessos do mesmo gênero também foi observada por Diniz et al. (2021), que relatam valores de 429,5 e 336,3 g/kg para folhas e ramos, respectivamente, para esse

acesso. A baixa digestibilidade observada para o acesso 7G provavelmente está relacionada à proporção de tecidos de menor digestão, tendo esse acesso apresentado maiores valores de FDN e FDA (Tabela 4).



**Figura 9.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca de acessos de *Desmanthus*, conforme acesso e colheita.

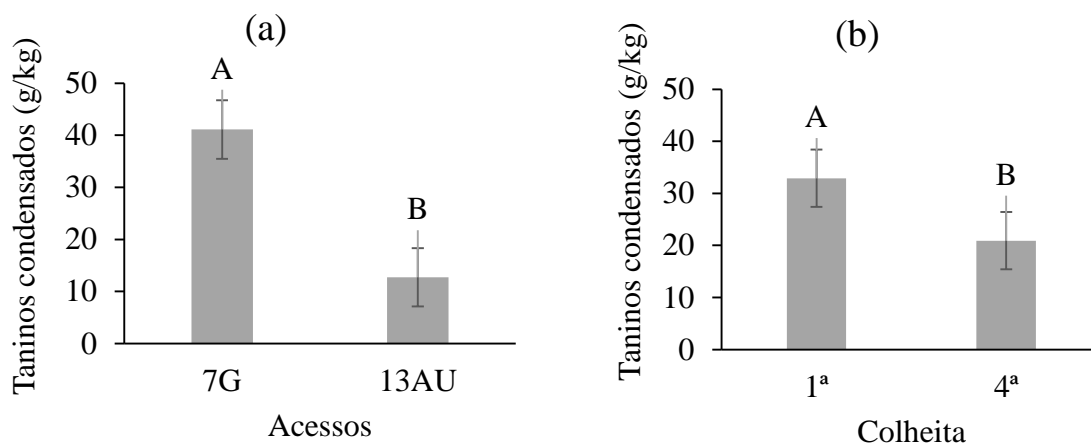
Letras minúsculas sobre a barra comparam os acessos e maiúsculas as colheitas pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

Queiroz (2016) cita valores de DIVMS para acessos de *Desmanthus* superiores aos encontrados no presente trabalho, com médias 639,8 e 395,7 g/kg, respectivamente, em folhas e caules em intensidades de corte de 40 cm e 677,86 e 426,55 g/kg, respectivamente, em folhas e caules colhidas a 80 cm do solo, em intervalos de 75 dias. Além do menor intervalo de corte e menor intensidade aplicada, a metodologia para análise de digestibilidade realizada por Queiroz (2016) baseou-se na lavagem da amostra com detergente neutro, diferente do presente trabalho em que se utilizou solução de pepsina, implicando nas diferenças dos resultados obtidos.

A DIVMS do acesso 7G não apresentou diferença entre a primeira (329,7g/kg) e quarta colheita (321,4g/kg), no entanto, a digestibilidade do acesso 13AU diminuiu da primeira (444,8g/kg) para a quarta colheita (376,8g/kg).

Mesmo com maiores valores de FDN, FDA e lignina, foi observada maior digestibilidade das plantas na primeira colheita, o que pode estar relacionado à presença de ramos mais curtos e finos, com maior quantidade de folhas e maior relação folha/caule, em relação à quarta colheita (Tabela 2). Segundo Lowe e Fulkerson (2002), nas leguminosas forrageiras, a digestibilidade é determinada principalmente pela quantidade de folhas.

Verificou-se efeito dos acessos ( $p < 0,0001$ ) e das colheitas ( $p = 0,04$ ) para o teor de taninos condensados (TC) em *Desmanthus* (Figura 10). Outro fator que pode responder a menor digestibilidade do acesso 7G, em comparação ao acesso 13AU (Figura 9), se deve a maior presença de taninos condensados nesse acesso (Figura 10).



**Figura 10.** Taninos condensados de *Desmanthus*, conforme acessos (a) e colheita (b). Letras maiúsculas sobre a barra comparam os acessos pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

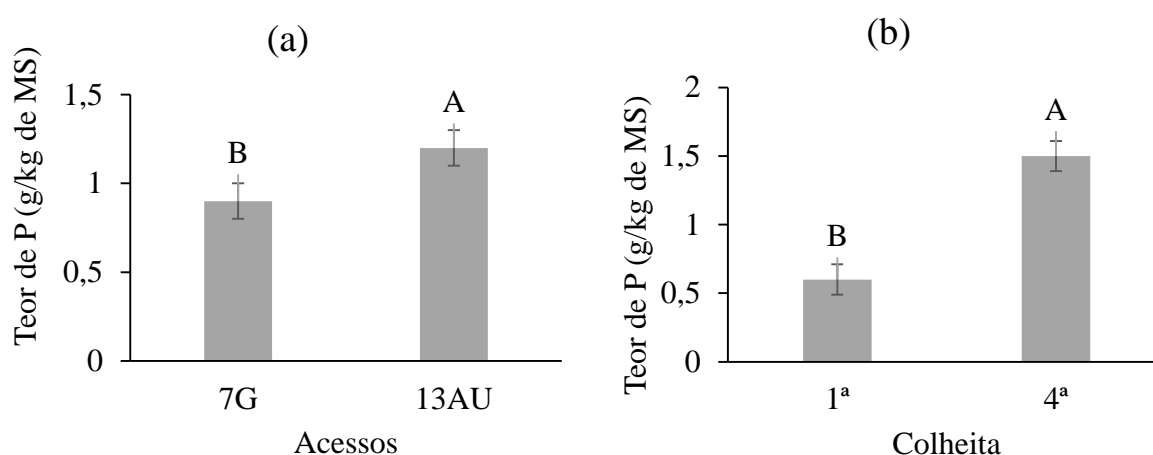
Os taninos condensados são polímeros de flavonoides encontrados em diversas plantas consumidas por animais ruminantes e são resultados de mecanismos desenvolvidos pelas plantas ao longo do processo evolutivo como forma de defesa contra herbivoria (Muir, 2011). Para os acessos de *Desmanthus* avaliados, o teor de TC variou de 12,7 a 41,1 g/kg entre os acessos (13AU e 7G, respectivamente) e de 21 a 33 g/kg entre as colheitas (última e primeira, respectivamente) (Figura 10).

Os teores de taninos observados no presente estudo, tanto entre os acessos como entre as colheitas, são considerados baixos. Segundo Naumann et al. (2017), concentrações de TC superiores a 5% da MS podem reduzir a digestibilidade, palatabilidade e ingestão da forragem. No entanto, plantas com concentrações de taninos semelhantes podem apresentar variações nos seus efeitos (Gemedá e Hassen 2015).

Não foram observados efeitos ( $p > 0,05$ ) dos níveis de P estudados para as características nutritivas das plantas de *Desmanthus*. Caldas et al (2010) também observaram efeito de pequena magnitude do P na composição química da leguminosa nativa Sabiá

#### 4.4. Teor de Fósforo

Foram observados efeitos dos acessos ( $p = 0,048$ ) e das colheitas ( $p < 0,0001$ ) para os teores de P na planta (Figura 11). O acesso 13AU apresentou maiores teores de P, em comparação ao 7G (1,2 e 0,9 g/kg, respectivamente). Já para as colheitas, foram observadas plantas com maiores teores de P na última colheita, em comparação à primeira (1,5 e 0,6 g/kg, respectivamente).



**Figura 11.** Teor de fósforo de *Desmanthus*, conforme acessos (a) e colheita (b).

Letras maiúsculas sobre a barra comparam os acessos pelo Teste F a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

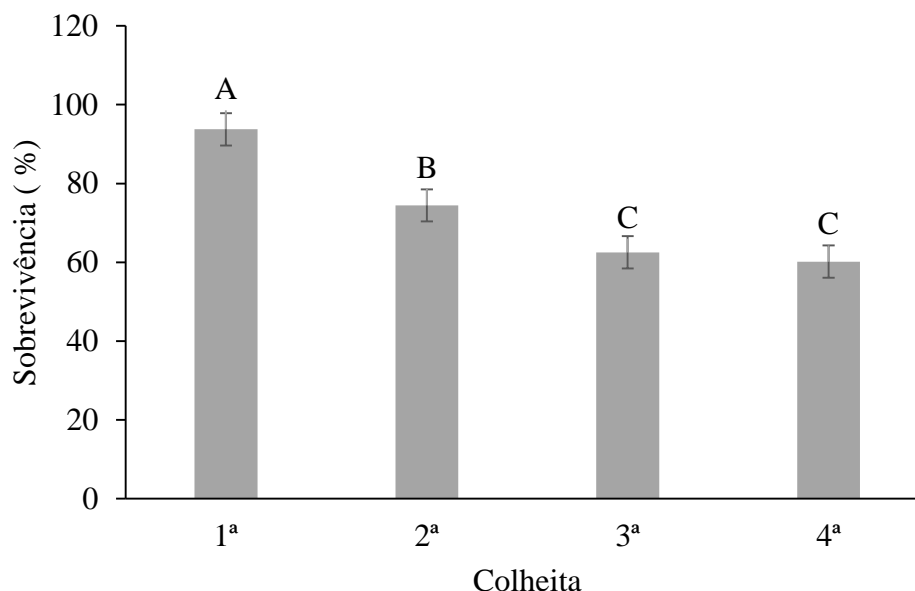
O acesso 13AU apresentou-se mais eficiente na absorção do P do que o acesso 7G. No entanto, o teor de P presente em ambos os acessos de *Desmanthus* é inferior ao necessário para atender os níveis críticos de manutenção de P para animais ruminantes de 2,1 g/kg na MS, de acordo com o NRC (2000), sendo necessário a suplementação desse nutriente em animais consumindo *Desmanthus* de forma exclusiva.

O aumento no teor de fósforo da primeira para a última colheita, provavelmente, se deve ao aumento da disponibilidade de P no solo em decorrência da aplicação do fertilizante nas colheitas anteriores. Além disso, na última colheita, as plantas possuíam um sistema radicular mais desenvolvido em comparação à primeira colheita, devido à maior maturidade fisiológica, permitindo maior aquisição do nutriente no solo.

#### 4.5. Sobrevivência

A sobrevivência das plantas foi afetada ( $p < 0,0001$ ) pelas colheitas realizadas (Figura 12). Na primeira colheita, 84 dias após início do experimento, houve perda de 6% do estande

inicial. Na segunda colheita, 178 dias após início do experimento, foram registradas 26% de mortalidade e, na terceira colheita, com 252 dias, 37%, e, na quarta colheita com 336 dias, 40% de mortalidade.



**Figura 12.** Sobrevivência de *Desmanthus* em diferentes colheitas.

Letras maiúsculas sobre a barra comparam as colheitas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o erro padrão da média.

A maior sobrevivência das plantas foi observada na primeira colheita (94%). Provavelmente, a maior mortalidade das plantas nas colheitas seguintes foi ocasionada pela escassez de chuvas (Figura 1) e reduzida quantidade de folhas remanescentes após a primeira colheita, afetando a eficiência fotossintética e as reservas de carboidratos das plantas, que não foram suficientes para permitirem uma nova rebrota, acarretando em morte de algumas plantas.

No entanto, mesmo após quarto colheitas realizadas em períodos com grande déficit hídrico, foi observada sobrevivência de cerca 64% do estande inicial, demonstrando a adaptação de plantas do gênero *Desmanthus* à condições de balanço hídrico negativo. Gardiner et al. (2016) também relatam a sobrevivência e prosperidade de plantas do gênero *Desmanthus* em situações adversas (pastejo, inundações, incêndios, geadas, secas e ataques de insetos), as quais outras leguminosas não persistiram.

Carvalho-Júnior et al. (2010) observaram sobrevivência de 83% de plantas de *Desmanthus*, após 60 dias da implantação, irrigadas com água de tanques de piscicultura e carcinicultura, oriunda de rejeito de dessalinizadores, sendo este considerado um ótimo índice de sobrevivência.

As plantas do gênero *Desmanthus* apresentam comportamento de perda de folhas e secamento dos caules quando as condições não são favoráveis para seu desenvolvimento, aparentando estarem mortas. No entanto, em condições favoráveis, novos caules voltam a brotar da base (Lucrow, 1993; Cook, 2020). Provavelmente, esta é uma das principais estratégias de sobrevivência da planta, o que a torna tão persistente e tolerante.

Mudanças no comportamento de plantas forrageiras manejadas em diferentes anos e em diferentes períodos podem ocorrer. Sendo assim, é necessário estudos com maior tempo de avaliações e maior número de acessos de *Desmanthus* em resposta à adubação fosfatada.

## 5. CONCLUSÃO

A fertilização com P foi benéfica no crescimento e produção de acessos de *Desmanthus*.

Períodos de balanço hídrico negativo afetam o desenvolvimento de plantas nativas de *Desmanthus* e a disponibilidade do fertilizante P para as plantas.

Plantas de *Desmanthus* restringem a formação de nódulos nas raízes e a produção de folhas em períodos de balanço hídrico negativo.

Os teores de P nas plantas de *Desmanthus* aumentam com a idade fisiológica.

Existe variabilidade morfológica e no valor nutritivo entre os acessos de *Desmanthus*.

A adubação fosfatada não afeta o valor nutritivo da forragem de acessos de *Desmanthus*.

O acesso 13AU, independente da colheita, apresenta maior digestibilidade que o acesso 7G nas mesmas condições de cultivo.

A maior presença de taninos condensados no acesso 7G pode afetar a digestibilidade.

Os acessos de *Desmanthus*, 7G e 13AU, são capazes de produzir e sobreviver, demonstrando seu potencial como planta forrageira, mesmo submetidas a períodos de balanço hídrico negativo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G.P. **Avaliação de acessos de *Desmanthus* e *Macroptilium* no semiárido Pernambucano**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ALBUQUERQUE, G. P. **Parâmetros genéticos e caracterização de acessos de *Desmanthus* spp. submetidos a diferentes alturas de corte**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- AOAC, 2005. **Official method of Analysis**. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- ARCHIMÈDE, H. et al. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 59-64, 2011.
- BEAUCHEMIN, K. A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 21-27, 2008.
- BIELACH, A.; HRTYAN, M.; TOGNETTI, V. B. Plants under stress: Involvement of auxin and cytokinin. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1–29, 2017.
- BODDEY, R. M. et al. The benefit and contribution of legumes and biological N. **Forages in Warm Climates**, p. 103-140, 2015.
- BROWN, L. K. et al. Interactions between root hair length and arbuscular mycorrhizal colonisation in phosphorus deficient barley (*Hordeum vulgare*). **Plant and Soil**, v. 372, n. 1, p. 195-205, 2013.
- CALADO, T. B. et al. Morphology and productivity of “jureminha” genotypes (*Desmanthus* spp.) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 742-752, 2016.
- CALDAS, G. G. et al. Efeito da fertilização fosfatada na produção de raízes, liteira e nodulação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Árvore**, v. 33, p. 237-244, 2009.
- CALDAS, G. G. et al. Caracterização morfológica e química de *Mimosa caesalpinifolia* submetida a adubação com P. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 529-538, 2010.
- CARVALHO-JÚNIOR, S. B. et al. Produção e avaliação bromatológica de espécies forrageiras irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 10, p. 1045-1051, 2010.
- CAVALCANTI, F.J.A. et al. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco**. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, Pernambuco, Brasil, p. 212, 2008.
- COOK, B.G. **Tropical Forages: an interactive selection tool**. Austrália: CSIRO. Disponível em: **Tropical Forages**: < [https://www.tropicalforages.info/text/entities/index.htm#index\\_D](https://www.tropicalforages.info/text/entities/index.htm#index_D) >. Acesso em: 30 ago. 2021.



COOK, B.G. et al. **Tropical Forages: an interactive selection tool**. CSIRO, DPIeF (Qld), CIAT and ILRI, 2005.

COOK, B. G; SCHULTZE-KRAFT, R. Clearing confusion in *Stylosanthes* taxonomy: 1. *S. seabrana* BL Maass & t Mannetje. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 8, p. 40-47, 2020.

COSKUN, D. et al. Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. **Nature Plants**, v. 3, n. 6, p. 1-10, 2017.

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.

CUNHA, M.V. et al. Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus* sp. in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, p. 1-8, 2021.

DIAS, S. M. et al. Morphophysiology of rhizobia isolated from native forage of fabaceae of the caatinga. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 904-914, 2020.

DÍAZ, E. C. et al. Aerial and root mass in *Leucaena leucocephala* L. grown in nursery with nitrogen and phosphate fertilization. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 21, n. 2, p. 83-88, 2013.

DINIZ NETO, M. A. et al. Disponibilidade hídrica de dois solos e diferentes idades de corte no comportamento agrônomo da Jureminha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 24-33, 2013.

DINIZ, W. P. S. **Caracterização morfológica e nutricional de acessos de *Desmanthus spp.*** 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DINIZ, W. P. S. et al. Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus spp.* accessions under different cutting intensities. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 571-581, 2021.

DUBEUX JR, J. C. B. et al. Biological N<sub>2</sub> fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, v. 57, n. 2, p. 1027-1038, 2017.

EUGÈNE, M. et al. Methane mitigating options with forages fed to ruminants. **Grass and Forage Science**, v. 76, n. 2, p. 196-204, 2021.

FIGUEIREDO, M. V. et al. Avaliação da composição bromatológica e digestibilidade “*in vitro*” do feno de *Desmanthus virgatus*. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 37, Viçosa-MG, Anais... Viçosa: SBZ, p.29, 2000.

FLORA DO BRASIL. *Fabaceae in Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18498>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

FONTENELE, A. et al. Leguminosas tropicais: “*Desmanthus virgatus*” (L.) Willd. Uma forrageira promissora. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1, p. 121–123, 2009.

FREIRE, A.L.O. et al. Acúmulo de massa seca e de nutrientes em gliricídia em resposta ao estresse hídrico e a doses de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 19-26, 2012.

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.

GARDINER, C.P. et al. *Desmanthus* – a new pasture legume for the dry tropics. **Agronomy**, v.1, p.1-6, 2010.

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**; CABI: Wallingford, UK, p. 283-304, 2016.

GEMEDA, B. S.; HASSEN, A. Effect of tannin and species variation on in vitro digestibility, gas, and methane production of tropical browse plants. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 28, n. 2, p. 188, 2015.

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

GONZÁLEZ, M. A. H. et al. In vitro methane production from silages based on *Cenchrus purpureus* mixed with *Tithonia diversifolia* in different proportions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, 2021.

HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU, A. et al. Review: Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. **Animal**, v. 12, n. s2, p. s295-s309, 2018.

HAUGGAARD-NIELSEN, H. et al. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. **Field Crops Research**, v. 113, n. 1, p. 64-71, 2009.

HERRERO, M. et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 452-461, 2016.

HEUER, S. et al. Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 868-885, 2017.

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

HUMPLÍK, J. F. et al. To Stimulate or Inhibit? That Is the Question for the Function of Abscisic Acid. **Trends in Plant Science**, v. 22, p. 830-841, 2017.

- IDOWU, O. J. et al. Nutrients intake, performance and nitrogen balance of West African dwarf sheep fed graded levels of toasted *Enterolobium cyclocarpum* seeds as supplement to *Panicum maximum* Pakistan. **Journal of Biological Sciences**, v. 16, p. 1806-1810, 2013.
- KULKARNI, K. P. et al. Harnessing the potential of forage legumes, alfalfa, soybean, and cowpea for sustainable agriculture and global food security. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1314, 2018.
- LIU, P. D. et al. Characterization of purple acid phosphatases involved in extracellular dNTP utilization in *Stylosanthes*. **Journal of experimental botany**, v. 67, n. 14, p. 4141-4154, 2016.
- LÓPEZ-ARREDONDO, D. L. et al. Phosphate nutrition: improving low-phosphate tolerance in crops. **Annual review of plant biology**, v. 65, p. 95-123, 2014.
- LOWE, K. F; Fulkerson, W. J. Forages and Pastures | Perennial Forage and Pasture Crops – Species and Varieties, Reference Module in Food Science, **Elsevier**, p. 1115-1127, 2002.
- LUCKOW, M. Monograph of *Desmanthus* (Leguminosae – Mimosoideae). Systematic Botany Monographs. **The American Society of Plant Taxonomists**. v.38, 166p, 1993.
- LÜSCHER, A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 2, p. 206-228, 2014.
- MA, Y.; CHEN, R. Nitrogen and Phosphorus Signaling and Transport During Legume–Rhizobium Symbiosis. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-12, 2021.
- MARKESTEIJN, L; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 2, p. 311-325, 2009.
- McDOUGALL, E. I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.
- MCLACHLAN, J. W. et al. Differences in phosphorus acquisition and critical phosphorus requirements among nine *Desmanthus spp.* genotypes. **Crop and Pasture Science**, 2021.
- MEDEIROS, A. S. et al. Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v. 69, p. 54-64, 2020.
- MITRAN, T. et al. Role of soil phosphorus on legume production. In: Legumes for Soil Health and Sustainable Management. **Springer**, p. 487-510, 2018.
- MŁODZIŃSKA, E.; ZBOIŃSKA, M. Phosphate uptake and allocation—a closer look at *Arabidopsis thaliana* L. and *Oryza sativa* L. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1198, 2016.
- 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.
- MUIR, J. P. et al. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v.31, p.187-198, 2014.

MUIR, J. P. et al. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-12, 2019.

MWANGI, F. W. et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics. **Foods**, v. 8, p. 1-24, 2019.

NAHAS, E. **Ciclo do fósforo: transformações microbianas**. Jaboticabal, Funep, 1991, 67p.

NAMAKKA, A. et al. Effect of phosphorus Levels on Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Zaria, Nigeria. **Journal of Dryland Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 85–93, 2017.

NAUMANN, H. D. et al. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 929-949, 2017.

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

NIELSEN, K. L. et al. The effect of phosphorus availability on the carbon economy of contrasting common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of experimental botany**, v. 52, n. 355, p. 329-339, 2001.

NIU, Y. F. et al. Responses of root architecture development to low phosphorus availability: a review. **Annals of botany**, v. 112, n. 2, p. 391-408, 2013.

ORTIZ, N. et al. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil conditions: Effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. **Journal of Plant Physiology**, v. 174, p. 87–96, 2015.

OSMAN, E. et al. Effect of Rhizobium inoculation and phosphorus application on native Texas legumes grown in local soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 75-92, 2002.

PIÑEIRO-VÁZQUEZ, A. T. et al. Potential of condensed tannins for the reduction of emissions of enteric methane and their effect on ruminant productivity. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 47, n. 3, p. 263-272, 2015.

PIÑEIRO-VÁZQUEZ, A. T. et al. Effect of condensed tannins from *Leucaena leucocephala* on rumen fermentation, methane production and population of rumen protozoa in heifers fed low-quality forage. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 31, n. 11, p. 1738-1746, 2018.

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, p. 71-84, 2012.

PUCHALA, R. et al. Methane emissions by goats consuming *Sericea lespedeza* at different feeding frequencies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 175, n. 1-2, p. 76-84, 2012.

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.

- QUEIROZ, I. V. **Variabilidade genética e caracterização morfológica, produtiva e qualitativa de acessos de *Desmanthus***. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 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.
- RANGEL, J.H.A. et al. Dormancy releasing mechanisms in soil seed banks of *Desmanthus* genotypes. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.90–99, 2015.
- RODRIGUES, L. A. et al. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 27, p. 593-599, 2003.
- ROTARU, V; SINCLAIR, T. R. Interactive influence of phosphorus and iron on nitrogen fixation by soybean. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 1, p. 94-99, 2009.
- SANTANA NETO, J. A. et al. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, p. 191-200, 2015.
- SANTOS, E.C.X.R. et al. Cromossome number variation and evolution in Neotropical Leguminosae from northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 11, n.3, p. 2451-2475, 2012.
- SANTOS, M. V. F. et al. Native shrub-tree legumes of tropical America with potential for domestication. **Legume Perspectives**, v.17, p.1–58, 2019.
- SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.
- SELEIMAN, M. F. et al. Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. Grown under water deficit stress. **Agronomy**, v. 9, n. 637, p. 1-21, 2019.
- SILVA, D.S.; MEDEIROS, A.N. Eficiência do uso dos recursos da Caatinga: produção e conservação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2., 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SINCORTE, 2003. p.571-582.
- SILVA, L. S. **Respostas morfológicas e produtivas de genótipos de *Desmanthus* a intervalos de corte na Zona da Mata de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020. 80p.
- SILVA, M. S. J. et al. Estimativa de produção e valor nutritivo do feno de estilosantes cv. Campo Grande. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1363-1380, 2013
- SILVA NETO, A. J. **Aspectos morfológicos e produtivos de leguminosas forrageiras submetidas a diferentes frequências de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020. 48p.
- SILVA V. J. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 97-102, 2010.

- SILVESTRI, M. C. et al. Patterns of genetic diversity and potential ecological niches of *Stylosanthes* species from northeastern Argentina. **Crop Science**, v. 60, p. 1436-1449, 2020.
- SOLLENBERGER, L. E. et al. Establishment and management of legume-grass pastures. **VII Simpósio sobre manejo estratégico de pastagem**. Viçosa, p. 135-175, 2014.
- SPIES, P. R. et al. Nutrient limitations of clay soils for *Desmanthus virgatus*. II. A glasshouse study of 7 soils. **Tropical Grasslands**, v. 32, p. 6-12, 1998.
- STAGNARI, F. et al. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2017.
- STEVENS, G. G. et al. Roots and nodules response differently to P starvation in the Mediterranean-type legume *Virgilia divaricata*. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 73, 2019.
- SULIEMAN, S.; TRAN, L. S. P. Phosphorus homeostasis in legume nodules as an adaptive strategy to phosphorus deficiency. **Plant Science**, v. 239, p. 36-43, 2015.
- TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 245-254, 2010.
- TERRA, A. B. C. et al. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.2, p. 305-315, 2019.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.
- TROEH, R. F.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo: Andrei. 63p, 2007.
- UDVARDI, M.; POOLE, P. S. Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses. **Annual review of plant biology**, v. 64, p. 781-805, 2013.
- VANCE, C. P. et al. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, n. 157, p. 423-447, 2003.
- 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, p. 797-807, 2018.
- 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, p. 12-15, 2019.
- VAN SOEST, P. J. et al. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VERLOOVE, F.; BORGES, L. M. On the identity and status of *Desmanthus* (leguminosae, mimosoid clade) in macaronesia. **Collectanea Botanica**, v. 37, p. 1-10, 2018.
- WANG, D. et al. Roles, regulation, and agricultural application of plant phosphate transporters. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1-14, 2017.

YADAV, G. S. et al. Effects of godawariphosgold and single supper phosphate on groundnut (*Arachis hypogaea*) productivity, phosphorus uptake, phosphorus use efficiency and economics. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 87, p. 1165-1169, 2017.

ZHANG, D. A Coefficient of Determination for Generalized Linear Models. **American Statistician**, v. 71, n. 4, p. 310–316, 2017.

ZHANG, D. et al. The acid phosphatase-encoding gene GmACPI contributes to soybean tolerance to low-phosphorus stress. **PLoS genetics**, v. 10, n. 1, p. e1004061, 2014.