

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

**Maria Luana Soares Lopes
Zootecnista**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS DE SORGO E
PALMA FORRAGEIRA CULTIVADOS EM CONSÓRCIO NO SEMIÁRIDO**

**GARANHUNS-PE
2023**

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

**Maria Luana Soares Lopes
Zootecnista**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS DE SORGO E
PALMA FORRAGEIRA CULTIVADOS EM CONSÓRCIO NO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal e Pastagens, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador:
Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade

Coorientador:
Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

**GARANHUNS-PE
2023**

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)

- L864a Lopes, Maria Luana Soares
Aspectos agronômicos e químico-bromatológicos de sorgo e palma forrageira cultivados em consórcio no Semiárido /
Maria Luana Soares Lopes. - 2023.
76 f. : il.
- Orientador: Albericio Pereira de Andrade.
Coorientador: Andre Luiz Rodrigues Magalhaes.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens , Garanhuns, 2023.
1. Biometria. 2. Caatinga. 3. Opuntia stricta. 4. Produção de forragem. 5. Sorghum bicolor. I. Andrade, Albericio Pereira de, orient. II. Magalhaes, Andre Luiz Rodrigues, coorient. III. Título

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

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS DE SORGO E
PALMA FORRAGEIRA CULTIVADOS EM CONSÓRCIO NO SEMIÁRIDO**

Dissertação elaborada por
MARIA LUANA SOARES LOPES

Aprovada em 27 de outubro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade

Agrônomo, M.Sc. em Irrigação e Drenagem, D.Sc. em Agronomia
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
(Orientador)

Daniel Barros Cardoso

Zootecnista, M.Sc. em Zootecnia, D.Sc. em Zootecnia.
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – PNP/DPDIZ/UFAP
(Examinador)

Rayanne Thalita de Almeida Souza

Zootecnista, M.Sc. em Ciência Animal e Pastagens, D.Sc. em Zootecnia
Universidade Federal Rural de Pernambuco – PNP/PPGZ/UFRPE
(Examinadora)

Aos meus pais (Josefa Soares Lopes e José Luiz Lopes), que sempre incentivaram, apoiaram e deram suporte à minha educação. O título obtido é, antes de tudo, deles. – Mãe, pai, a vocês,

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concebido essa oportunidade e, sobretudo, por ter me dado força e coragem para enfrentar os desafios suscitados ao longo desta caminhada. Ele é a explicação para eu ter conseguido chegar até aqui. Como canta Marcos Almeida: “O medo se vai quando ouço a voz do Alto a me dizer: ‘sê valente!’”. Agradeço à Virgem Maria e às demais santidades de minha devoção que intercederam por mim sempre que as invoquei: São Miguel Arcanjo, São Bento, São Padre Pio de Pietrelcina e ao beato Carlo Acutis.

Aos meus pais (Josefa Soares Lopes e José Luiz Lopes) e aos meus irmãos (Camila e Guilherme), agradeço, imensamente e para sempre, por todo apoio, cuidado e incentivo em todas as decisões tomadas, não só agora, mas sempre. Sem eles, nada na minha vida teria sido/é possível. Toda conquista alcançada sempre será Nossa! Agradeço ao meu cunhado (Alan Diego), por todo apoio e incentivo sempre, e à minha sobrinha (Ágatha), que, mesmo na inconsciência inerente à tenra idade, contribuiu para a concretização de mais esta etapa. Ela deixou nossas vidas mais leves desde quando chegou.

Agradeço a todos os demais familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram/contribuem para eu trilhar a caminhada da vida. Especialmente, agradeço às minhas tias Dé e Doura e aos meus primos-irmãos Viviane Fernandes (Vivi) e Fabriciano Fernandes [Binho (*in memoriam*)], por todo apoio, torcida e incentivo. Por motivos incompreensíveis à razão humana, Binho partiu – precoce e inesperadamente – para o plano espiritual poucos dias antes de saber do início deste Mestrado, para o qual ele tanto torceu e incentivou. Doe! Tenho certeza que ele foi/é um dos meus intercessores. Como cantado na canção “O Anjo mais Velho”, do “Teatro Mágico”: “Metade de mim agora é assim: de um lado (...) a saudade, do outro a luta, força e coragem pra (sic) chegar no fim”.

Ao meu namorado, Elvis da Costa Santana, pelo apoio e cuidado implícitos nos “Você dormiu? Descansa um pouco!”, “Você comeu?”, “Não vejo a hora desse seu Mestrado acabar”, “Eu não entendo nada disso que você faz, mas se eu puder ajudar de alguma forma, eu ‘tô’ aqui”. Elvis é compreensão, zelo, inspiração... seu amor deixou/deixa tudo mais simples, mais leve. - Obrigada por tudo, “Bicho-fêi”!

Ao meu orientador, professor Alberício, pelo apoio e incentivo. Agradeço, também, por todo o conhecimento compartilhado. Ele é uma inspiração! Agradeço a todos que compõem o seu

grupo de pesquisa “Lavoura Xerófila”, pelo auxílio na implantação e/ou condução deste trabalho: Roberta Valença, Fernando Araújo, Danilo Dantas, Fábio Oliveira e Madalena Barros.

Ao professor André Magalhães, por fazer jus à semântica do título de Professor. A ele, agradeço pelo conhecimento compartilhado, apoio, compreensão e amparo nos momentos mais desafiadores deste percurso. O professor André é “sal e luz” na vida dos seus alunos. Sem ele, este trabalho não teria sido concluído. A ele, minha imensa gratidão e admiração pelo profissional e ser humano que é.

Aos integrantes do “Rumiáridas”, minha imensa gratidão! Eles foram uma força-tarefa, sem a qual eu não teria conseguido concluir este trabalho. Daniel Bezerra, além de amigo, com quem pude contar emocionalmente em vários momentos, foi meu árbitro nas atividades de laboratório. Priscila Barreto (“Pri”) deslocou-se incontáveis vezes de outra cidade, com imensa solicitude e leveza, para ajudar, sempre que contatada. Rafaela Cordeiro (“senhora agilidade”), “aí de mim” sem ela no laboratório e na Fazenda. A Fabrícia Costa, minha gratidão não apenas pelo apoio/auxílio na realização das atividades, mas pela amizade que construímos ao longo desse período e por todos os momentos compartilhados. Douglas Costa... “ai de mim” sem ele na maratona do corte das plantas. Agradeço também por ajudar nas demais atividades. Meu “obrigada!” também a Tamires Queiroz, Tuany Natan e a todos os demais integrantes do grupo. Eles são incríveis!

Ao professor Jorge Lucena, por toda disponibilidade e apoio ofertado desde o início do Mestrado, e ao professor Omer Almeida, por todo apoio, incentivo e amizade desde quando me orientou na graduação. Ele é um “pai” que ganhei na trajetória acadêmica.

Ao Mábio Silvan (professor UFGD), Yara América (doutoranda UFGD) e ao professor João Thiago (UFAPE), por toda disponibilidade, apoio e suporte dado sempre que precisei.

Aos meus colegas com quem sempre pude contar quando precisei: os integrantes do PPGCAP (Poliana Vasconcelos, Andreia Teixeira, Andressa Karoline, Rafaela Costa, Otávio, Clairton e Karoline Cardoso) e do PPGPA: (Ricardo Cavalcante e Abraão Rodrigues). Especialmente, agradeço aos meus amigos Wesla Dias (PPGCAP) e Neto Pereira (PPGPA). A ambos, agradeço não apenas pela ajuda, mas pela amizade que construímos e por todos os momentos compartilhados. Estendo meus agradecimentos, também, aos integrantes do GURU, Jorge Luiz e Daniel Araújo, por toda ajuda nas atividades do laboratório.

Aos meus amigos da graduação, Danilo Pequeno, Ísis Lima, Luana Marques e Anderson Silva. Especialmente, agradeço a Flávia Severo e Michael Maciel (nosso trio!). A todos eles, agradeço pelo companheirismo e por tudo, sempre! Todos eles foram/são essenciais, deixaram esta caminhada mais leve, seja pelo auxílio nas atividades da pesquisa seja pelo apoio emocional, nas conversas.

Ao Daniel Cardoso e Rayanne Thalita, por terem aceitado o convite para compor a banca avaliadora e por todas as contribuições no decorrer desse trabalho. Daniel sempre foi presente e muito solícito desde a implantação/condução do experimento. Rayanne, com muita paciência, leveza e carinho, teve uma contribuição imensa para a conclusão deste trabalho. Minha gratidão a eles!

Ao Luan Lins e Rejane Batista, por todo apoio/ajuda em todas as vezes que tive imprevistos nos computadores ao longo desse Mestrado.

A todos do setor de transporte da UFAPE, pelo apoio dado no trajeto à Fazenda Experimental. Especialmente ao motorista “Seu Álvaro”, que por mais vezes foi escalado para essa atividade e que sempre foi muito paciente e solícito.

A todos os funcionários do bloco dos Laboratórios da UFAPE: Suzana de Castro, Natana Arruda, “Seu Jair”, “Dona Ione” e Léo. Agradeço por todo apoio e amizade durante esta temporada!

À EMBRAPA Semiárido e ao Cleyton Araújo, por contribuir na realização das análises químico-bromatológicas.

À FACEPE pelo fomento que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, muito obrigada!

EPÍGRAFE

*“Não fui eu que ordenei a você?
Seja forte e corajoso! Não se
apavore nem desanime, pois o
Senhor, o seu Deus, estará com
você por onde você andar”*

(Josué 1:9)

BIOGRAFIA

Maria Luana Soares Lopes nasceu em 19 de agosto de 1997, no município de Itaíba-PE. Filha de Josefa Soares Lopes e José Luiz Lopes, residiu no Distrito de Negras-PE, onde iniciou os anos escolares no Educandário Menino Maluquinho, idealizado e presidido pelo professor Marcelo Ramos (*in memoriam*). Posteriormente, cursou o Ensino Fundamental I com a Professora Maria Juliana Vieira Ramos, inicialmente (2003) na Escola Estadual Frei João Pereira de Souza, com finalização na Escola Municipal Major Antônio Inácio (2006). Nesta permaneceu até os anos iniciais do Ensino Fundamental II (2008), o qual foi finalizado na Escola Estadual Frei João Pereira de Souza (2010), onde iniciou o curso Normal Médio (Magistério), com transferência para o Ensino Médio (2011-2013). Em 2014, ingressou no curso de Bacharelado em Zootecnia, na Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com obtenção do título de Bacharela em Zootecnia em 2019. Em 2021, iniciou o Mestrado Acadêmico no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens (PPGCAP), na UFRPE, na época, tutora da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). Em outubro de 2023, apresentou a dissertação intitulada “Aspectos agronômicos e químico-bromatológicos sorgo e palma forrageira cultivados em consórcio no Semiárido”, a fim de obter o título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUÇÃO GERAL.....	18
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 ASPECTOS GERAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	20
2.2 DESAFIOS À PRODUÇÃO ANIMAL NO SEMIÁRIDO.....	22
2.3 CARACTERIZAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO.....	23
2.4 CARACTERIZAÇÃO DO SORGO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO.....	27
2.5 CARACTERIZAÇÃO DO CONSÓRCIO DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO.....	29
3.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4.0 OBJETIVOS.....	38
4.1 GERAL.....	38
4.2 ESPECÍFICOS.....	38

CAPÍTULO II

1.0 INTRODUÇÃO.....	42
2.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 ÁREA DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	44
2.2 AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	44
2.3 DESENHO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	45
2.4 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VERDE E SECA DO SORGO E DA PALMA FORRAGEIRA.....	47
2.5 ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS DA MATÉRIA VEGETAL DO SORGO E DA PALMA FORRAGEIRA.....	49

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	50
3.0 RESULTADOS.....	51
3.1 CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VERDE E SECA.....	51
3.1.1 Sorgo.....	51
3.1.2 Palma forrageira.....	57
3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA VEGETAL.....	58
3.2.1 Sorgo.....	58
3.2.2 Palma forrageira.....	61
4.0 DISCUSSÃO.....	62
4.1 CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VERDE E SECA.....	62
4.1.1 Sorgo.....	62
4.1.2 Palma forrageira.....	67
4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA VEGETAL.....	68
4.2.1 Sorgo.....	68
4.2.2 Palma forrageira.....	71
5.0 CONCLUSÃO.....	73
6.0 REFERÊNCIAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nova delimitação da região Semiárida brasileira.....	20
Figura 2. Precipitação média mensal (mm) ao longo do período experimental.....	44
Figura 3. Sementes de sorgo utilizadas no experimento (A). Cladódios de palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana (B).....	46
Figura 4. (1) Altura de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Diâmetro do colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio.....	51
Figura 5. (1) Número de folhas vivas no colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Número de folhas mortas no colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio.....	52
Figura 6. (1) Número de perfilhos vivos de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Número de folhas vivas nos perfilhos de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio.....	53
Figura 7. Número de folhas vivas totais de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio.....	54
Figura 8. Efeito do consórcio sobre a inibição e/ou promoção no número de perfilhos vivos (A), no número de folhas vivas nos perfilhos (B) e no número de folhas vivas totais (C) nas plantas de sorgo BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506.....	57
Figura 9. Efeito do consórcio sobre a inibição e/ou promoção no teor de matéria seca (A), matéria mineral (B) e matéria orgânica (C) nas plantas de sorgo BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição químico-bromatológica de <i>Opuntia stricta</i> variedade Orelha-de-Elefante-Mexicana submetidas a condições de cultivo distintas.....	26
Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental.....	45
Tabela 3. Características morfológicas e de produtividade de plantas de sorgo de três variedades cultivadas em sistema de monocultivo e de consórcio com palma forrageira.....	56
Tabela 4. Características morfológicas e de produtividade da palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana em monocultivo e em consórcio com variedades de sorgo.....	58
Tabela 5. Composição químico-bromatológica de plantas de sorgo de três variedades cultivadas em sistema de monocultivo e de consórcio com palma forrageira.....	60
Tabela 6. Composição químico-bromatológica de palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana em monocultivo e em consórcio com variedades de sorgo.....	62

CAPÍTULO I

**Contribuição do cultivo de forrageiras xerófilas em sistema consorciado
para a produção animal no Semiárido**

LOPES, M. L. S. L. **Aspectos agronômicos e químico-bromatológicos de sorgo e palma forrageira em consórcio no Semiárido.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientador: Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade.

RESUMO

A estacionalidade na produção de forragem limita a criação de ruminantes no Semiárido, uma vez que reduz a oferta de alimento para os animais em períodos de estiagem. Nesse contexto, o consórcio da palma forrageira com o sorgo é usado como estratégia para estabilizar a disponibilidade de forragem ao longo do ano. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a capacidade produtiva e a qualidade nutricional de variedades de sorgo consorciadas com palma forrageira em condições de sequeiro, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados em uma área da Fazenda Experimental da UFRPE. Foram avaliadas três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) - BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506 - em monocultivo e em consórcio com palma forrageira - *Opuntia stricta* Var. Orelha-de-Elefante-Mexicana. No fim do ciclo, foram coletados dados morfológicos e amostras para avaliação químico-bromatológica em ambas as culturas. Ademais, as plantas foram cortadas e pesadas para determinação da produtividade de matéria verde (PMV) e seca (PMS). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* (5%). Após isso, observou-se que as variedades de sorgo diferiram ($p < 0,050$) em diferentes características. O IPA-SF-15 apresentou os maiores valores de altura da planta (AP) (208,80 cm), diâmetro do colmo (DC) (1,54 cm), comprimento da panícula (18,32 cm) e matéria orgânica (MO) (968,67 g/kg MS). O BRS-506 obteve os maiores resultados de número de perfilhos vivos (NPV) (4,31), número de folhas vivas nos perfilhos (NFVP) (15,80), matéria seca (MS) (418,07 g/kg MN) e matéria mineral (MM) (35,18 g/kg MS). O BRS-Ponta Negra produziu o maior número de folhas vivas no colmo (NFVC) (4,75) e não diferiu do IPA-SF-15 nas variáveis DC, NFVC, NPV, NFVP, MS, MM e MO, assim como não diferiu do BRS-506 na AP, NPV, NFVP, MS, MM e MO. Outrossim, as variedades não diferiram no número de folhas vivas totais (NFVT), na PMV nem na PMS ($p > 0,050$). O consórcio elevou ($p < 0,050$) o NPV, o NFVP, o NFVT e a MM nas variedades de sorgo. Entretanto, esse sistema reduziu a MS e a MO ($p < 0,050$). Na palma forrageira, o consórcio não alterou ($p > 0,050$) as variáveis morfológicas nem químico-bromatológicas, tampouco os valores de PMV e de PMS. O consórcio também não alterou as PMV e PMS do sorgo ($p > 0,050$). Portanto, o consórcio não comprometeu o desempenho produtivo das culturas e pouco influenciou sobre a qualidade das plantas. Com isso, ele aumenta a produtividade de forragem, com efeito mínimo sobre a qualidade nutricional da palma forrageira e das variedades de sorgo. Ademais, estas se mostraram com potencial análogo entre si para elevar a oferta de forragem no Semiárido.

Palavras-chave: Biometria, Caatinga, *Opuntia stricta*, Produção de forragem, *Sorghum bicolor*.

LOPES, M. L. S. L. **Agronomic and chemical-bromatological aspects of sorghum and cactos cultivated in intercropping in the Semi-arid region.** Dissertation (Master's in Animal Science and Pasture). Graduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade.

SUMMARY

Seasonality in forage production limits the creation of ruminants in the semi-arid region, as it reduces the food supply for animals during dry periods. In this context, the intercropping of forage cactus with sorghum is used as a strategy to stabilize forage availability throughout the year. In view of the above, the objective was to evaluate the productive capacity and nutritional quality of sorghum varieties intercropped with forage cactus in rainfed conditions, distributed in a randomized block design in an area of the UFRPE Experimental Farm. Three varieties of sorghum (*Sorghum bicolor*) were evaluated - BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 and BRS-506 - in monoculture and in intercropping with forage cactus pear - *Opuntia stricta* Var. Orelha-de-Elefante-Mexicana. At the end of the cycle, morphological data and samples were collected for chemical-bromatological evaluation in both cultures. Furthermore, the plants were cut and weighed to determine the productivity of fresh matter (FMP) and dry matter (DMP). The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the *Tukey* test (5%). After this, it was observed that the sorghum varieties differed ($p < 0.050$) in different characteristics. The IPA-SF-15 presented the highest values of plant height (PH) (208.80 cm), stem diameter (CD) (1.54 cm), panicle length (18.32 cm) and organic matter (OM) (968.67 g/kg DM). BRS-506 obtained the highest results for number of live tillers (NLT) (4.31), number of live leaves on tillers (NLLT) (15.80), dry matter (DM) (418.07 g/kg MN) and Ash (35.18 g/kg DM). BRS-Ponta Negra produced the highest number of live leaves on the stem (NLLC) (4.75) and did not differ from IPA-SF-15 in the variables CD, NLLC, NLT, NLLT, DM, Ash and OM, as well as not differed from BRS-506 in PH, NLT, NLLT, DM, Ash and OM. Furthermore, the varieties did not differ in the number of total living leaves (NTLL), FMP or DMP. The consortium increased ($p < 0.050$) the NLT, NLLT, NTLL and Ash in sorghum varieties. However, this system reduced DM and OM ($p < 0.050$). In forage cactus, the consortium did not change the morphological or chemical-bromatological variables ($p > 0.050$), nor the FMP and DMP values. The consortium also did not change the FMP and DMP of sorghum ($p > 0.050$). Therefore, the consortium did not compromise the productive performance of the crops and had little influence on the quality of the plants. In doing so, it increases forage productivity, with minimal effect on the nutritional quality of forage cactus and sorghum varieties. These showed similar potential to increase the supply of forage in the Semi-arid region.

Keywords: Biometrics, Caatinga, Forage production, *Opuntia stricta*, *Sorghum bicolor*.

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

Amplamente distribuído no Nordeste brasileiro, o Semiárido é caracterizado por condições climáticas peculiares, como altas temperaturas e chuvas cuja distribuição é irregular. Tudo isso influencia nos componentes de sua paisagem, como a vegetação (ARAÚJO, 2011). Esta é predominantemente de Caatinga, com alta variabilidade de espécies que desenvolveram diferentes mecanismos adaptativos às condições impostas pela semiaridez. Tais características são tipicamente observadas nas cactáceas (SENA, 2011), como a palma forrageira (SALES, 2010).

A palma forrageira é um dos principais recursos alimentares dos rebanhos em períodos de seca, quando o crescimento de várias forrageiras é limitado (DUBEUX JÚNIOR, et al., 2013). Ela apresenta elevada produtividade de matéria seca (12 a 47.000 kg.ha⁻¹), mesmo em períodos de estiagem (SÁ et al., 2018). Contudo, devido ao desenvolvimento vegetativo lento e ao baixo teor de fibras que pode ocasionar distúrbios digestivos ao animal, faz-se necessário a associação da palma com forrageiras de ciclos rápidos e com maior proporção de carboidratos fibrosos, um exemplo é o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (BEZERRA et al., 2007; CAVALCANTE et al., 2014; JARDIM et al. 2020).

O sorgo é uma gramínea com tolerância a *déficit* hídrico e a diferentes condições de solos (BARROS & SILVA, 2020). Dessa forma, ele tem potencial de contribuir para aumentar a oferta de alimentos para os ruminantes criados no Semiárido (JARDIM et al., 2020). Para isso, podem ser exploradas diferentes variedades, como forrageiras/silageiras, sacarinas e graníferas (TABOSA et al., 2020).

Destaca-se que devido a suas características adaptativas e bromatológicas, é crescente o cultivo do sorgo em consórcio com outras forrageiras tradicionalmente usadas no período seco, cita-se a palma (JARDIM et al., 2020). O consórcio consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies vegetais na mesma área (ALVES et al., 2020a). É uma configuração de plantio que melhora as características físicas do solo e reduz a incidência de pragas nas culturas (SILVA et al., 2023). Além dessas vantagens, o consórcio palma-sorgo otimiza o uso da terra e maximiza o rendimento de forragem, já que possibilita intercalar culturas anuais, como o sorgo, entre os ciclos de forrageiras perenes, como a palma (LIRA et al., 2021).

Nessa perspectiva, ao associar forrageiras que aliam adaptabilidade e produtividade, o consórcio sorgo-palma tem potencial para atenuar a escassez de outras forrageiras no período de estiagem. Entretanto, é importante definir a melhor combinação de variedades perante as condições edafoclimáticas do Semiárido, a fim de identificar o(s) consórcio(s) com maior capacidade produtiva e qualidade nutricional. Para isso, é necessário concentrar mais pesquisas nessa linha.

A princípio, supõe-se que diferentes variedades de sorgo apresentam desempenho produtivo e características nutricionais distintas em função de particularidades biométricas inerentes às suas diferentes aptidões. Além disso, presume-se que a morfologia das plantas do sorgo e da palma são influenciadas pelo ambiente no qual são cultivadas. Com isso, provavelmente a arquitetura das plantas de sorgo e da palma seja alterada pelo consórcio, com reflexo na produtividade e na composição bromatológica.

Em vista dos argumentos expostos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os aspectos agronômicos e as características bromatológicas de diferentes variedades de sorgo consorciadas com palma forrageira, a fim de identificar a(s) variedade(s) de sorgo e o sistema de cultivo mais produtivo e com maior qualidade nutricional em condições de sequeiro no Semiárido.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Delimitado pelo Ministério Nacional da Integração (MNI) consoante critérios climáticos, o Semiárido brasileiro corresponde à área cuja precipitação média anual é igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de *Thorntwaite* é igual ou inferior a 0,50; e o percentual de *déficit* hídrico diário é igual ou superior a 60% (MNI, 2017). Diante desses indicadores, sua abrangência inclui os nove estados nordestinos e uma pequena faixa das unidades federativas do Espírito Santo e Minas Gerais (Figura 1). Posto isso, o Semiárido brasileiro corresponde a uma área de 1.182.697 km², 12% do território nacional. Estima-se que assistem nesse território demarcado pelo MNI cerca de 27.830.765 habitantes (SUDENE, 2021). É o Semiárido mais populoso do mundo (COUTINHO et al., 2013).

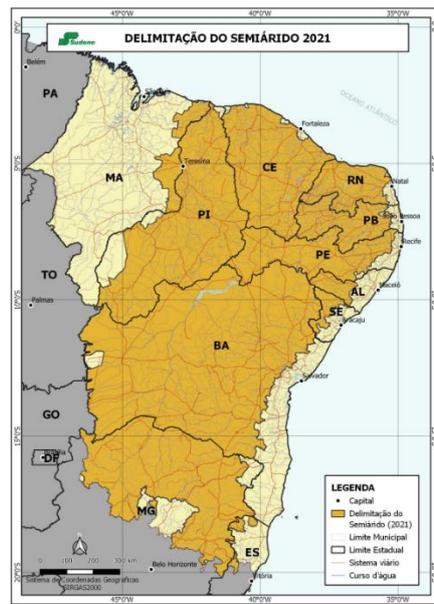


Figura 1. Nova delimitação da região Semiárida brasileira. Fonte: SUDENE (2021).

Com clima Bsh, conforme a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), a região marcada por condições de semiaridez ocupa maior parte do “polígono das secas” (RAMALHO, 2013). A temperatura média anual encontra-se no íterim de 23°C a 27°C (SANTOS, 2017; BORJA; LORDELO & SANTOS, 2022), com máxima de 40°C. É possível, ainda, serem registradas temperaturas superiores a 45°C - em dias de alta insolação - e inferiores a 15°C, em locais de elevadas altitudes, onde a umidade relativa do ar pode ultrapassar 50% (GAMA & JESUS, 2020).

Também é característica do Semiárido a precipitação descontínua e estocástica. A saber, os eventos de chuva são descontínuos ao longo do ano, ocorrem na forma de pulsos de precipitação, com heterogeneidade de tempo e magnitude (NOY-MEIR, 1973). O índice pluviométrico anual oscila de 150 a 1.300 mm, com média que varia entre 300 e 800 mm (RAMALHO, 2013). Não é raro, ainda, a ocorrência de enxurradas, trovoadas cuja precipitação ultrapassa 50% do valor anual (ARAÚJO, 2011). Por conseguinte, a irregularidade dos pulsos de precipitação denota a ocorrência de duas estações na região Semiárida: chuvosa e seca. A primeira é caracterizada por apresentar curta duração; a segunda, por ser prolongada (ANDRADE et al., 2020).

O baixo índice de precipitação associado a outros fatores climáticos, como as temperaturas elevadas, favorece um *déficit* hídrico local. Esse balanço de água negativo é resultado da evapotranspiração ocasionada pela elevação da temperatura na superfície do solo, consequência de altos níveis de radiação que favorecem a perda de água nos horizontes edáficos e nas plantas. Dessa forma, as taxas de evapotranspiração em ambientes situados no Semiárido tornam-se maiores que os índices pluviométricos (ARAÚJO; MACHADO & SOUZA, 2019).

As particularidades do clima que caracterizam a semiaridez exercem impacto significativo sobre a paisagem da região, uma vez que influi sobre diferentes aspectos de sua composição, como o solo e a vegetação. O primeiro é, predominantemente, formado por classes de solos rasos e pedregosos (ARAÚJO, 2011), com propriedades físicas que dificultam a retenção de água (CAVALCANTE; TELES & MACHADO, 2013) e favorecem ocorrência de solos jovens, pouco desenvolvidos em decorrência do intemperismo limitado pelo *déficit* hídrico que mitiga os processos químicos do ambiente edáfico (PEREIRA et al., 2019).

Para Gama & Jesus (2020), prevalecem na região, em quantitativo de classes, solos pouco desenvolvidos, dotados de textura que variam de arenosa a franco arenosa (como planossolos e luvisolos). Todavia, em extensão territorial, predominam, no Semiárido, solos profundos, como neossolos, latossolos e argilossolos (27,32%, 25,94% e 15,59% do território, respectivamente). Não obstante haja neossolos litólicos, pouco intemperizados, há neossolos quartzarênicos, com alta profundidade, que é uma característica favorável às atividades agrícolas, por favorecer o armazenamento de água no solo, o desenvolvimento do sistema radicular da planta, além de facilitar a mecanização.

Na vegetação que compõe a paisagem da região, prevalecem as plantas típicas da Caatinga. Esse bioma possui elevada diversidade florística, com alto índice de espécies endêmicas (GARIGLIO et al., 2010), sendo a maioria caducifólias (ARAÚJO FILHO; SOUZA & CARVALHO, 1995). Na Caatinga, encontram-se uma infinidade de espécies arbóreas e arbustivas, plantas xerófitas caracterizadas por rusticidade e persistência. Esses atributos resultam da interação de diferentes adaptações evolutivas, como a presença de espinhos, cutículas impermeáveis e sistema de armazenamento de água em raízes e caules modificados. Esses caracteres são típicos das cactáceas (SENA, 2011), como a palma forrageira, que é largamente utilizada na produção animal nordestina (SALES, 2010).

2.2 DESAFIOS À PRODUÇÃO ANIMAL NO SEMIÁRIDO

A criação de ruminantes domésticos é uma atividade tradicional entre as populações rurais que assistem no Semiárido. Seja para fins econômicos seja para fins de subsistência, a exploração racional de bovinos, caprinos e ovinos é uma prática que está presente na região desde a colonização portuguesa (COUTINHO et al., 2013), no início do século XVII. Nessa época, produtos como charque e pele foram amplamente exportados das unidades federativas do Nordeste, o que foi crucial para a ascensão da pecuária na região (ARAÚJO FILHO; SOUZA & CARVALHO, 1995).

A caprinovinocultura contribui significativamente para melhorar o índice de desenvolvimento (IDH) regional. A adaptação das espécies caprina e ovina às condições ambientais impostas pela semiaridez torna a pecuária de pequenos ruminantes uma atividade de menor risco, quando comparada a outras práticas agrícolas. Portanto, trata-se de uma atividade que contribui para a segurança alimentar e a geração de renda para a população local (LEITE et al., 2018). No Nordeste, concentram-se os maiores rebanhos de caprinos (90%) e ovinos (60%) do país. Os primeiros estão reunidos em maior número nos estados de Pernambuco, Bahia, Piauí e Ceará. Nestes três últimos locais estão, também, os maiores efetivos de ovinos do Brasil (SOUZA, et al., 2020).

O principal sistema de exploração para a produção animal no Semiárido é o extensivo, caracterizado pela criação de mais de uma espécie de animal na mesma área de pastagem (ARAÚJO FILHO, 2013). Na composição botânica da Caatinga, plantas com potencial forrageiro estão presentes nos três estratos da vegetação (arbóreo, arbustivo e herbáceo). Cerca

de 70% delas compõem a dieta de ruminantes. Esse percentual atinge 80% no período chuvoso. Anualmente são produzidas aproximadamente quatro toneladas de matéria seca por hectare, com variações consoantes as oscilações climáticas da região (ARAÚJO FILHO; SOUZA & CARVALHO, 1995). Além das pastagens nativas, também se utiliza pastagens cultivadas (COUTINHO et al., 2013; SOUZA et al., 2020).

Como o pasto é a principal fonte de alimento para os animais criados no Semiárido, a pecuária na região é uma atividade diretamente afetada pela estacionalidade na produção de forragem, impasse resultante da sazonalidade dos pulsos de precipitação (DINIZ et al., 2017; LIRA et al., 2021). Essa irregularidade na precipitação limita a persistência da maioria das forrageiras ao longo do ano (ALVES et al., 2020a,b). Isso acontece porque a água controla a fenologia de várias espécies botânicas. Destarte a dinâmica de crescimento e desenvolvimento das plantas na região é diretamente influenciada pela heterogeneidade de distribuição dos eventos de chuva no espaço e no tempo (ANDRADE et al., 2020).

Nessa linha, enquanto no período chuvoso há abundância de pasto para assegurar alimento para os rebanhos, há queda na disponibilidade e qualidade de forragem no período das cíclicas estiagens prolongadas no ínterim entre os pulsos de precipitação. A saber, a capacidade de suporte da pastagem é reduzida, o que suscita efeitos negativos de cunho econômico aos produtores (LEITE et al., 2018). Destaca-se que alimentação é a base de qualquer sistema de produção. Assim sendo, a privação de alimento veta a expressão do potencial produtivo do animal (FARIA, 2023).

No contexto dos desafios anteriormente expostos, para contornar os óbices oriundos da estacionalidade de produção de forragem, faz-se necessário o cultivo de plantas adaptadas às condições de semiaridez a que são impostas na região. Nesse cenário, a posteriori o desenvolvimento de inúmeras pesquisas, a palma forrageira tem sido mencionada como uma reserva forrageira com potencial para assegurar alimento aos animais nos cíclicos períodos de escassez de alimento. Logo, a palma forrageira é uma alternativa que favorece a manutenção dos índices zootécnicos dos rebanhos de ruminantes, contribuindo para estabilizar a economia das propriedades e o desenvolvimento do Semiárido (SILVA et al., 2014).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO

De origem mexicana, a palma forrageira foi introduzida no Brasil em 1877, nos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, com a finalidade de hospedar a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius coccus*), inseto utilizado na indústria têxtil para a produção de corante – o carmim. Com a ascensão da indústria do petróleo, o processo de produção de carmim foi inviabilizado, e a palma passou a ser utilizada como cultura forrageira, nas duas primeiras décadas do século XX, após serem observadas sua resistência à seca e sua atratividade para o gado nos períodos de estiagem (FROTA et al., 2015).

A palma forrageira pertence à família Cactaceae, que engloba 178 gêneros com 2.000 espécies conhecidas (GOIS et al., 2013). A sua capacidade de adaptação a condições edafoclimáticas limitantes para outras culturas forrageiras está relacionada à sua eficiência de utilização da água, que é possível em decorrência de um conjunto de características morfofisiológicas peculiares. As raízes finas, concentradas majoritariamente na superfície do solo, são capazes de absorver água de chuvas leves e orvalhos. Outrossim, o caule modificado, na forma de cladódio, apresenta alta concentração hídrica e baixa frequência estomática, que minimiza perdas por evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2010).

Outra característica que favorece a adaptabilidade da palma forrageira em condições de estresse hídrico é o metabolismo fotossintético CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) (DINIZ et al., 2017). Plantas CAM captam energia solar ao longo do dia e assimilam dióxido carbono (CO₂) no período noturno, quando as temperaturas estão mais tênues (TAIZ & ZEIGER, 2017). Esse fator reduz perda de água por evapotranspiração, o que confere à palma uma eficiência de aproveitamento hídrico 11 vezes superior em relação às plantas C3 (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014). Estas apresentam eficiência de uso da água (EUA) de 1000:1, ou seja, requerem 1000 kg de água para produzir 1kg de matéria seca. Plantas C4 mostram-se mais eficientes (500:1), sendo o destaque as plantas CAM, cuja EUA é de 50:1 (ALVES et al., 2007).

Cabe destacar que em pesquisas recentes, como nos estudos realizados por Alves et al. (2020a,b), algumas espécies de palma forrageira são consideradas plantas CAM facultativas. Há relatos de que a fixação de CO₂ na palma forrageira ocorra em quatro fases: durante a noite (fase 1), no início da manhã (fase 2), meio-dia (fase 3) e no fim da tarde (fase 4), sendo a fase 1 o período cuja assimilação líquida é maior. Por conseguinte, isso evidencia que ocorre abertura estomática e consequente evapotranspiração durante o dia (em valores inferiores a plantas C3 e C4). Há evidências de que a abertura estomática durante o dia é influenciada por

fatores edafoclimáticos, cita-se a disponibilidade hídrica. Em ambulância de água, pois, a palma pode realizar metabolismo similar a plantas C3, com transição gradual para metabolismo CAM em condições de estresse hídrico.

No Brasil, estima-se que aproximadamente 600.000 hectares são destinados ao plantio de cultivares de palma. A maioria deles são destinados à alimentação animal (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013), pois além de bem adaptada à região, a palma forrageira possui altos conteúdo hídrico e palatabilidade (KNUPP et al., 2019), além de atingir elevada produtividade de matéria seca por área em condições de sequeiro (12 a 47.000 kg.ha⁻¹), o que disponibiliza alimento aos animais em períodos de estiagem prolongada (SÁ et al., 2018). Vale ressaltar que a palma forrageira pode apresentar alterações no seu crescimento e desenvolvimento perante diferentes variáveis ambientais, como o teor de água no solo (SILVA et al., 2015).

A produtividade da palma forrageira é influenciada, também, por diferentes fatores, como frequência e intensidade de corte (SÁ et al., 2018), o qual é preferível que seja realizado anualmente, a fim de manter a uniformização do estande e a qualidade da planta quando utilizada como ingrediente da dieta dos animais (SUASSUNA, 2013). Ademais, a produtividade da forrageira é influenciada pela presença de pragas, como as cochonilhas, cujo controle pode ser realizado de maneira química, biológica ou mecânica (ROCHA, 2012).

Por aliar rusticidade, produtividade, bons parâmetros nutricionais e baixo custo, o cultivo da palma forrageira aumenta a possibilidade de êxito da pecuária no Semiárido (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014). Nessa região, são cultivadas diferentes variedades de palma, com destaque para espécies do gênero *Nopolea* e *Opuntia* (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013). Neste é classificado a *Opuntia stricta* variedade Orelha-de-Elefante-Mexicana, um clone importado do México, que se destaca por apresentar alta persistência em períodos de estiagem e baixa exigência em fertilidade de solo, além de resistência à cochonilha-do-carmim (ROCHA, 2012).

A variedade Orelha-de-Elefante-Mexicana, além de apresentar alta produção de biomassa por área, destaca-se por conter valor nutritivo igual ou superior ao de variedades susceptíveis à cochonilha-do-carmim (SANTOS et al., 2018). A palma forrageira apresenta elevados conteúdos de água, de carboidratos não fibrosos e minerais. No entanto, contém baixo teor de carboidratos fibrosos (MAGALHÃES et al., 2021a).

É importante destacar que a composição químico-bromatológica da palma forrageira é passível de variação consoante vários fatores, como idade da planta, espaçamento de plantio, manejo de adubação e época do ano (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010). A Tabela 1 expõe a composição químico-bromatológica da palma *Opuntia stricta* var. Orelha-de-Elefante-Mexicana em consonância com diferentes pesquisadores, em que é possível avaliar as oscilações do teor de nutrientes nessa cactácea.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica de *Opuntia stricta* variedade Orelha-de-Elefante-Mexicana submetidas a condições de cultivo distintas

MS ¹	MM ²	MO ³	PB ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	CNF ⁸	Referências
g/kg								
86,5	159,7	840,2	35,8	8,0	161,6	-	-	Araújo Júnior et al. (2021)
103,4	202,3	797,21	49,4	20,0	394,2	121,8	380,7	Góes Neto et al. (2021)
52,5	159,9	840,1	-	8,8	154,8	139,9	-	Magalhães et al. (2021a)
123,0	86,0	914,0	55,0	-	259,0	-	550,0	Monteiro et al. (2019)
81,0	145,0	-	46,0	27,0	339,0	218,0	441,0	Santos et al. (2018)

MS¹ = matéria seca, MM² = matéria mineral, MO³ = matéria orgânica, PB⁴ = proteína bruta, EE⁵ = extrato etéreo, FDN⁶ = fibra em detergente neutro, FDA⁷ = fibra em detergente ácido, CNF⁸ = carboidratos não fibrosos.

Fonte: elaborada pelo autor.

O alto percentual de água na palma é vantajoso para a criação de animais em regiões secas, onde sua inclusão na dieta pode atender parte da demanda hídrica do animal (MAGALHÃES et al., 2021b). É observado que a inclusão de palma forrageira como fonte alimentar reduz de 70% a 90% de ingestão hídrica via bebedouro, o que ocorre de maneira linear em função da inclusão da cactácea (DUBEUX JÚNIOR, et al., 2013). Além disso, a palma forrageira é um alimento altamente energético, sua inclusão na dieta reduz a necessidade de inclusão de concentrado (ROCHA FILHO et al., 2021), o que diminui os gastos com a alimentação animal (ROCHA, 2012), sendo importante, sobretudo, em regiões áridas e semiáridas (FROTA et al., 2015).

Apesar de inúmeros benefícios, a palma não deve ser ofertada ao animal de maneira exclusiva, pois o baixo teor de carboidratos fibrosos pode levar a quadros de diarreia não patogênica (DINIZ et al., 2017) e perda de peso, além da possibilidade de diminuir o consumo de matéria seca e o teor de gordura no leite, havendo a necessidade da associação da palma a uma fonte de fibra, como feno e silagens (FROTA et al., 2015). Esse fator, aliado ao lento

desenvolvimento vegetativo da cultura, influi na adoção de sistemas consorciados com forrageiras de crescimento mais rápido e com maior porcentagem de fibra em sua composição, uma cultura anual como o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (BEZERRA et al., 2007; CAVALCANTE et al., 2014; JARDIM et al. 2020).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO SORGO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO

A família Poaceae engloba, por assim dizer, 793 gêneros e 10.000 espécies vegetais, entre elas a *Sorghum bicolor* (L.) Moench (JARDIM et al., 2020), gramínea cuja domesticação ocorreu no continente africano, na região da Etiópia e do deserto do Saara. Introduzido nas américas no século XIX, o sorgo foi adaptado e submetido a diferentes metodologias de cultivo, que possibilitaram o melhoramento genético das sementes crioulas e o surgimento de variedades que passaram a ser amplamente cultivadas. O sorgo ocupa a quinta posição no *ranking* de cereais mais produzidos no mundo, sendo o uso na alimentação animal o principal fator responsável pela exploração da cultura (UPADHYAYA et al., 2017).

Por se tratar de uma espécie de origem tropical, a *Sorghum bicolor* (L.) Moench é uma cultura exigente em temperatura para expressar o seu potencial produtivo. Para atingir taxas de crescimento e desenvolvimento satisfatórias, a maioria das variedades requerem que os termômetros registrem valores superiores a 21°C, sendo a produtividade severamente reduzida em temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a 16°C. Ademais, o sorgo é mais tolerante a condições de estresse hídrico do que a maioria dos outros cereais (BARROS & SILVA, 2020). Por assim dizer, o sorgo apresenta eficiência na utilização de água, o que ocorre em decorrência de diferentes fatores morfofisiológicos, como o metabolismo C4 (DINIZ et al., 2017).

Plantas C4 assimilam dióxido de carbono (CO₂) com mínima taxa de evapotranspiração, pois possuem uma bainha vascular que concentra vultuosa quantidade de CO₂, o que inibe a atividade oxigenase da enzima ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase-oxigenase (RUBISCO) (BRAGA et al., 2021). Isso, somado à elevação da atividade enzimática da fosfoenolpiruvato-carboxilase (PEPCase) em *feedback* à diminuição na concentração de CO₂ atmosférico - o que é típico em ambientes de clima quente -, reduz o índice de fotorrespiração (TAIZ & ZEIGER, 2017).

A redução no índice de fototranspiração é ocasionada pela redução na abertura estomática nas folhas perante os estímulos supracitados (GUARDA & CAMPOS, 2014). Portanto, espécies C4 se sobressaem às plantas C3 no aproveitamento hídrico, inclusive em condições de altas temperaturas. A sua eficiência no uso da água é duas vezes superior em relação às plantas C3 (ALVES et al., 2007).

Ademais, vale ressaltar que variedades de sorgo possuem outros caracteres morfofisiológicos que lhe conferem adaptabilidade a condições de sequeiro, como cobertura cerosa nas folhas e colmo, além de sistema radicular desenvolvido e fibroso que favorece melhor exploração do ambiente edáfico e, conseqüentemente, o acesso a água. Todas essas características concedem, ao sorgo, capacidade de adaptação a condições de sequeiro (ALBUQUERQUE, MENEZES & FREITAS, 2021). Por esse motivo, essa gramínea xerofílica tornou-se uma cultura explorada em escala cada vez maior na região Semiárida (TABOSA et al., 2021).

Além de apresentar resistência a condições de estresse hídrico e temperaturas elevadas, o sorgo adapta-se a uma gama de condições de solo. Embora seja exigente em nitrogênio e potássio, a cultura tolera muitas condições de fertilidade natural do ambiente edáfico. Variedades de *S. bicolor* podem ser cultivadas em solos cuja textura varia de argilosa a ligeiramente arenosa. Outrossim, há plantas relativamente tolerantes a níveis de salinidade, porém são susceptíveis à toxicidade por alumínio (BARROS & SILVA, 2020). Entretanto, já foram desenvolvidas linhagens com diferentes níveis de tolerância a esse elemento químico (SILVA et al., 2021).

Por aliar adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Semiáridos, facilidade de cultivo e elevada produção de biomassa, o sorgo se destaca como opção forrageira para assegurar alimento aos animais que assistem no Semiárido (GUIMARÃES et al., 2016). O sorgo pode ser ofertado na forma de silagem, feno ou corte verde. Para tais finalidades, podem ser exploradas variedades forrageiras/silageiras, sacarinas e graníferas. Estas, embora o principal objetivo seja a produção de grãos, os restolhos podem ser usados para pastejo ou produção de feno (TABOSA et al., 2020).

Destaca-se, ainda, que cultivares graníferas são de porte baixo, portanto com diminuto rendimento de biomassa. Em contrapartida, variedades forrageiras destacam-se com plantas altas, com elevada produtividade (COELHO, 1979), assim como as variedades sacarinas, que

além da aptidão forrageira, é utilizada para a produção de etanol nas entressafras da cana-de-açúcar (CAVALCANTE et al., 2017).

De crescimento rápido (MEHMOOD et al., 2017), o sorgo destaca-se por apresentar alto rendimento de matéria seca e elevados conteúdo energético, além de outros nutrientes importantes à nutrição animal, como fibra em detergente neutro (JARDIM et al., 2020). Quando ofertado na forma de silagem, o sorgo apresenta em torno de 34,6% de matéria seca, com 51,7% e 30,3% de FDN e FDA, respectivamente. (TABOSA et al., 2020). Além de cultivares convencionais, foram desenvolvidas linhagens geneticamente modificadas cujo teor de lignina foi reduzido, o que alavancou a digestibilidade do ingrediente (MORAES; NOVAES & FERREIRA, 2020).

O valor nutritivo e a produtividade do sorgo variam conforme a cultivar utilizada, haja vista que diferentes cultivares apresentam distintas proporções de folha, colmo e panícula (COELHO, 1979). A participação dessas frações na planta influencia diretamente sobre as suas variáveis produtivas e bromatológicas. Nessa perspectiva, materiais genéticos mais folhosos e com hastes de maiores comprimento e diâmetro tendem a resultar maiores produções de material *in natura* por área. Logo, variedades forrageiras são caracterizadas por plantas com maior participação das frações folha e colmo, as quais se relacionam, ainda, com a qualidade da forrageira. Plantas com maior relação folha:caule apresentam maior digestibilidade, porquanto menor é o teor de carboidratos fibrosos, que estão em maior proporção na haste da planta.

2.5 CARACTERIZAÇÃO DO CONSÓRCIO DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SEMIÁRIDO

É crescente o cultivo de variedades de *S. bicolor* em consórcio com outras forrageiras (JARDIM et al., 2020). O sistema de consórcio é caracterizado pela implantação de lavouras com duas ou mais espécies na mesma área, o que intensifica o aproveitamento da terra (DINIZ et al., 2017) e ocasiona retorno monetário ao produtor. Além disso, o sistema consorciado melhora as características físicas do solo e diminui a probabilidade de erosão. Também há redução da incidência de pragas nas culturas, o que favorece a estabilidade da pastagem (SILVA et al., 2023).

O consórcio de plantas de sorgo com outra forrageira ocasiona aumento na produtividade por área e, conseqüentemente, a conservação da biodiversidade, o que torna esse sistema sustentável (BEZERRA et al., 2007). Esse fator, aliado às características nutricionais e de adaptabilidade a condições climáticas limitantes a outras forrageiras, é uma alternativa potencial para garantir recurso alimentar para os animais mesmo em períodos de estiagem. Por conseguinte, o plantio de sorgo consorciado com outra planta forrageira é uma opção rentável ao produtor rural, sendo um importante recurso para alavancar a agropecuária no Semiárido brasileiro (ALVES et al., 2020c).

A escolha da espécie vegetal a ser implantada em consórcio com o sorgo deve considerar diferentes fatores, como o hábito de crescimento e a exigência de nutrientes, luminosidade e água de cada cultura, a fim de mitigar ou eliminar a competitividade entre as plantas simultaneamente cultivadas. Em ambientes áridos e semiáridos, é imprescindível que sejam selecionadas espécies tolerantes ao estresse hídrico e que sejam eficientes no aproveitamento da radiação (JARDIM et al., 2020). O consórcio de sorgo com palma forrageira é a combinação que mais se destaca em condições de sequeiro por apresentar diversas vantagens produtivas e nutricionais (ALVES et al., 2020c).

O emprego do sorgo associado à palma incrementa o nível de carboidratos fibrosos na dieta dos ruminantes, nutrientes cujo teor é diminuto na palma forrageira (SILVA et al., 2023). Outro viés positivo do cultivo simultâneo dessas culturas xerófilas é a atenuação do baixo rendimento de produção de forragem resultante da instabilidade climática do Semiárido. Esse aumento na produção de alimentos, além de estar atrelado ao elevado potencial produtivo da palma forrageira, relaciona-se à otimização do uso da terra. A primeira colheita da palma ocorre no segundo ano pós-plantio, nesse ínterim, o cultivo intercalado de culturas anuais como o sorgo possibilita aproveitamento da terra para esse cultivo extra. Isso além de diversificar a área de pastagem e potencializa a produção de forragem, possibilita geração de renda extra ao produtor (LIRA et al., 2021).

Faz-se necessário mais pesquisas para identificar os cultivares de sorgo cuja combinação em consórcio com a palma forrageira proporcione mais benefícios para o setor agrícola (JARDIM et al., 2020). A seleção de variedades com maior produção de biomassa seca por área é imprescindível para maximizar o rendimento de forragem, e um dos caracteres relacionados ao fator produtivo são aspectos morfológicos da planta, como produção de folhas e caule.

Conhecer variáveis biométricas das forrageiras é importante não apenas para a seleção de cultivares de sorgo mais produtivos, como para manejar o sistema.

De posse do conhecimento de que variedades de palma forrageira, como a Orelha-de-Ellefante-Mexicana, apresentam crescimento, sobretudo na horizontal, a propagação de culturas anuais como o sorgo forrageiro deve ocorrer após o plantio ou colheita da palma. Esse fator é decisivo à implantação do consórcio entre as forrageiras, pois quando o palmal está desenvolvido, a arquitetura das plantas da palma impossibilita não apenas o cultivo simultâneo, como a realização de tratos culturais importantes para o sucesso do sistema.

3.0 REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENEZES, C. B.; FREITAS, R. S. Origem, evolução e domesticação do sorgo. In: DE MENEZES, C. B. **Melhoramento genético de sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2021, 546p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ALVES, C. P.; SILVA, T. G. F.; ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, L. S. B.; CRUZ NETO, J. F.; SANTOS, J. P. A. S. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.347-356, 2020c.

ALVES, F. A. L. et al. Photosynthesis and gas exchanges of forage cactus varieties (*Opuntia* and *Nopalea*) grown under screen and irrigation. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2020b.

ALVES, F. A. L.; SANTOS, D. C.; SILVA, S. M. S. E; SILVA, M. C.; MELLO, D. R. Metabolismo fotossintético de variedades de palma forrageira cultivadas no Semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. Recife, v. 25, n. 2, p. 1-112, 2020a.

ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**. v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.

ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, D. L. S.; MELO JÚNIOR, J. L. A.; MAGALHÃES, A. L. R.; MELO, L. D. F. A.; MEDEIROS, A. N. Temporal rainfall variability as inductor of the phenology of Brazilian semiarid species. **Australian Journal of Crop Science**. v. 14, n. 2, p. 299-307, 2020.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2013, 200p.

ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no Semiárido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável, 1995. Brasília, DF. **Anais**. Brasília: SBZ, p.63-75, 1995.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, M. S.; ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, J. P. A. S.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, C. P.; ALVES, H. K. M. N. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v. 80, p.1-12, 2021.

ARAÚJO, E. D. S.; MACHADO, C. C. C.; SOUZA, J. O. P. Considerações sobre as paisagens semiáridas e os enclaves subúmidos do nordeste seco – uma abordagem sistêmica. **Revista de Geografia**. Recife. v. 36, n. 3, p. 128-146, 2019.

ARAÚJO, S. M. S. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de Uso Sustentável dos Recursos. Rios Eletrônica - **Revista Científica da Fasete**. v.5, n. 5, p.89-98 2011.

BARROS, A. H. C.; SILVA, A. B. Clima. In: TABOSA, J. N. **Sorgo: Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. Recife: UFRPE. v. 15, n. 2, 2020.

BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, J. A. F.; VIDAL NETO, F. C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**. v.38, n.1, p.104-108. 2007.

BORJA, P. C.; LORDELO, L. M. K.; SANTOS, J. E. S. **Água, cisternas e Semiárido brasileiro**. Cruz das Alma – BA: EDUFRB, 2022, 366p.

BRAGA, F. M.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M.; FREITAS, I. C.; MACIEL, J. C.; FREITAS, M. S. S.; ASPIAZU, I.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, L. A.; SAMPAIO, R. A. Review: Growth of C3 and C4 plants in response to different CO2 concentrations. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 7, p. 1-14, 2021.

CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO. Cactos do Semiárido do Brasil: **Guia Ilustrado**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 2013.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CAVALCANTE, T. J.; GIONGO, P. R.; BARBOSA, K. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, L. F.; RODRIGUES, A. A.; VITAL, R. G. Agronomic characteristics of cultivating sweet sorghum at different times in Goiás Southwest region. **Espacious**, v. 38, n. 46, p. 26-36, 2017.

COELHO, A.M. Cultivares de sorgo para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. v. 5, n. 56, p. 22-26, 1979.

COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; PINTO, A. P. A pecuária como estabilizadora no Semiárido brasileiro. **Revista Veterinária e Zootecnia**. v. 20, n. 3, p. 9-17, 2013.

DINIZ, W. J.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M.; SANTOS, D. C.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.52, p.724-733, 2017.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, p. 29-40, 2013.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

- FARIA, E. F. S. Manejo alimentar. In: ALMEIDA, M. A. O. DE; FARIA, E. F. S.; MADUREIRA, K. M.; MENDONÇA, L. R.; LAMBERT, S. M.; NISHI, S. M. **Criando caprinos e ovinos no Semiárido: manejo e doenças**. Salvador: EDUFBA, p.19-53, 2023.
- FROTA, M. N. L.; CARNEIRO, M. S.; CARVALHO, G. M. C., ARAÚJO NETO, R. B. **Palma Forrageira na Alimentação Animal**. Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E), 2015, 47p.
- GALVÃO JÚNIOR, J., G., B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.
- GAMA, D. C.; JESUS, J. B. Principais solos da região semiárida do Brasil favoráveis ao cultivo do *Eucalyptus L' Heritier*. **BIOFIX Scientific Journal**. v.5, n.2, p.214-221, 2020.
- GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p
- GÓES NETO, P. E.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M.; MELO, A. A. S.; LIMA, G. F. C.; CARDOSO, D. B.; SILVA, H. P. Native and introduced forage cactus in Saanen dairy goat diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.43, p.1-7, 2021.
- GOIS, G. C.; SILVA, F. C. S.; RIBEIRO, W. S. 'Descrição morfológica, origem, domesticação, dispersão da palma forrageira e sua introdução no Brasil'. In: RIBEIRO, W. S.; SILVA, F. C. S.; COSTA, E. R.; SILVA, S. M.; ECULICA, G. C. **A Palma e sua importância no nordeste brasileiro**. Brasília – DF: Kiron, 2013.
- GUARDA, V. D. A.; CAMPOS, L. J. M. **Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014, 48p.
- GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E.; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, n. 5, p. 461-465, 2016.
- JARDIM, A. M. D. R. F.; SILVAB, T. G. F.; SANDRA, L.; SOUZA, B. B.; SOUZA, M. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 5, n.1, p. 069-087, 2020.
- KNUPP, L. S.; CARVALHO, F. F. R.; CANNAS, A.; MARCONDES, M. I.; SILVA, A. L.; FRANCESCONI, A. H. D.; CRUZ, G. R. B. DA; ATZORI, A. S.; GASPAR, G.; COSTA, R. G. Meta-analysis of spineless cactus feeding to meat lambs: performance and development of mathematical models to predict dry matter intake and average daily gain. **Animal**. v. 13, n. 10, p. 2260-2267, 2019.
- LEITE, M. L. M. V.; SOUSA, W. H.; TELES, V. O.; MENEZES, L., M.; BRITO, E. A.; CARTAXO, F. Q. Caracterização da base alimentar para caprinos e ovinos no Cariri paraibano. In: RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SOUSA, W. H. DE. **Estratégias de produção, conservação e utilização de forragens para alimentação de caprinos e ovinos no Semiárido**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2018.

LIRA, E. C.; ARAÚJO, J. S.; FÉLIX, E. S.; NASCIMENTO, G. V.; OLIVEIRA FILHO, T. J.; SOUZA, J. T. A.; PEREIRA, D. D. Produtividade de culturas anuais em sistema de consórcio com a palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). **Holos**, v. 2, 2021.

MAGALHÃES, A. L. R.; SOUSA, D. R.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S.; GOIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; SANTOS, K. C.; NASCIMENTO, D. B.; OLIVEIRA, L. P. Intake, digestibility and rumen parameters in sheep fed with common residue and cactus pear. **Biological rhythm research**. v. 52, n. 1, p. 136-145, 2021b.

MAGALHÃES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; OLIVEIRA, L. P.; GÓIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; ANDRADE, A. P.; MELO, A. A.; NASCIMENTO, D. B.; SILVA, W. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, cinética da degradação ruminal e produção de gás in vitro de genótipos de palma forrageira. **Ciência Animal Brasileira**. v. 22, 2021a.

MEHMOOD, M. A.; IBRAHIM, M.; RASHID, U.; NAWAZ, M.; ALI, S.; HUSSAIN, A.; GULL, M. Biomass production for bioenergy using marginal lands. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, p. 3-21. 2017.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Diário Oficial da União. Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, 2017.

MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; GUIDO, S. I.; ALMEIDA, M. P.; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, n.3, p.479-485, 2019.

MORAES, G. S. O.; NOVAES, L. P.; FERREIRA, M. A. Potencial do sorgo para alimentação de bovinos no Semiárido brasileiro. In: TABOSA, J. N. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. Recife: UFRPE. v. 20, n. 2, 2020.

NOY-MEIR, I. Desert ecosystems: environment and producers. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.4, 25-41, 1973.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C. DE; PEREIRA JÚNIOR, E. B. Palma Forrageira: Adaptação E Importância Para Os Ecossistemas Áridos E Semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v.5, p. 27-37, 2010.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PINHEIRO JÚNIOR, PINTO, L. A. S. R.; SILVA NETO, E. C.; FONTANA, A. Formação e Caracterização Solos. IN: TULLIO, L. **Formação, Classificação e Cartografia de Solos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**. v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

ROCHA FILHO, R. R.; SANTOS, D. C.; VÉRAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; NOVAES, L. P.; MORA-LUNA, R.; MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**. v. 186, p.1-8, 2021.

ROCHA, J. E. S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da Arte**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012. 40 p.

SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Production of Spineless Cactus in Brazilian Semiarid. In: EDVAN, R. L.; BEZERRA, L. R. **New perspectives in forage crops**. London, UK: IntechOpen Ltd, 2018.

SALES, A. T. Sistemas de producción de nopal forrajero en Brasil. RESPYN, **Revista Salud Pública y Nutrición**. n. 5, p. 57-69, 2010.

SANTOS, M. C. **Solos do Semiárido do Brasil: Caderno do Semiárido – Riquezas e Oportunidades – Caprinos e Ovinos**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. Recife: EDUFRPE, 2017.

SANTOS, R. D.; NEVES, A. L. A.; SANTOS, D. C.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; FERREIRA, A. L.; SOLLENBERGER, L. E. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas production potential of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The Journal of Agricultural Science**. v. 156, n. 3, p. 450-456, 2018.

SENA, L. M. M. **Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga**. Vol.1. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. 54p.

SILVA, K. J.; SOUSA, S. M.; MAGALHÃES, J. V.; SANTOS, C. V.; MENEZES, C. B. Tolerância ao alumínio e eficiência na absorção de fósforo em sorgo. In: MENEZES, C. B. **Melhoramento genético de sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H.; A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**. v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

SILVA, T. G. F.; JARDIM, A. M. R. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, L. S. B.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, G. I. N.; ALVES, K. P.; SOUZA, C. A. A.; MORAIS, J. E. F.. Profitability of using irrigation in forage cactus-sorghum intercropping for farmers in semi-arid environment1. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v. 27, n. 2, p. 132-139, 2023.

SOUZA, M. N.; SIGNOR, D.; SOTTA, E. D.; MARZALL, K.; SAMPAIO, F. G. Fatores de emissão de gases de efeito estufa da produção de pequenos ruminantes no território nacional. In: **Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira**. Brasília: MAPA/SENAR, 2020.

SUASSUNA, P. Tecnologia do cultivo intensivo da Palma - TCIP. **Cactusnet Newsletter**. Edição das Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y Otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA, Santiago del Estero, n. 13, p. 51-63, 2013.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Delimitação do Semiárido. Relatório final, 2021.

TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; BRITO, A. R. M. B.; SIMÕES, A. L.; SIMPLÍCIO, J. B.; CARVALHO, E. X.; TAVARES, J. A.; RODRIGUES, J. A. S.; NASCIMENTO, M. M. A.; FRANÇA, J. G. E.; SANTOS, V. F.; MENEZES, C. B.; TAVARES FILHO, J. J. Melhoramento genético do sorgo para o semiárido brasileiro. In: DE MENEZES, C. B. **Melhoramento genético de sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 546p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

UPADHYAYA, H. D.; REDDY, K. N.; VETRIVENTHAN, M.; AHMED, M. I.; Krishna, G. M.; Reddy, M. T.; Singh, S. K. Sorghum germplasm from West and Central Africa maintained in the ICRISAT genebank: Status, gaps, and diversity. **The Crop Journal**, v. 5, n. 6, p. 518-532, 2017.

4.0 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Avaliar a capacidade produtiva e a qualidade nutricional de diferentes variedades de sorgo cultivadas em consórcio com palma forrageira sob condições de sequeiro no Semiárido.

4.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar as características morfológicas de plantas de três variedades de sorgo em monocultivo e em sistema consorciado com palma forrageira (*Opuntia stricta* var. Orelha-de-Elefante-Mexicana);
- Relacionar as características morfológicas com a produtividade de matéria fresca e seca de três variedades de sorgo em monocultivo e em sistema consorciado com palma forrageira (*Opuntia stricta* var. Orelha-de-Elefante-Mexicana);
- Determinar a composição químico-bromatológica da matéria vegetal de plantas de três variedades de sorgo em monocultivo e em sistema consorciado com palma forrageira (*Opuntia stricta* var. Orelha-de-Elefante-Mexicana);
- Identificar a(s) variedade(s) de sorgo e o sistema de plantio mais produtivo em condições de sequeiro no Semiárido

CAPÍTULO II

ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA CULTIVADOS EM CONSÓRCIO NO SEMIÁRIDO

LOPES, M. L. S. L. **Aspectos agronômicos e químico-bromatológicos de sorgo e palma forrageira em consórcio no Semiárido.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientador: Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade.

RESUMO

O consórcio sorgo-palma é utilizado no Semiárido, especialmente, para assegurar alimento aos ruminantes no período seco, quando há redução na disponibilidade de forragem. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade produtiva e a qualidade nutricional de variedades de sorgo consorciadas com palma forrageira em condições de sequeiro. Para isso, avaliaram-se três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) - BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506 - em monocultivo e consorciados com palma forrageira - *Opuntia stricta* Var. Orelha-de-Elefante-Mexicana. Coletaram-se dados morfológicos e amostras para avaliação químico-bromatológica em ambas as culturas, das quais também foi determinada a produtividade de matéria verde (PMV) e seca (PMS). Após os dados serem submetidos à análise de variância, e as médias serem comparadas pelo teste de *Tukey* (5%), as variedades diferiram ($p < 0,050$), o IPA-SF-15 apresentou os maiores valores de altura da planta (208,80 cm), diâmetro do colmo (DC) (1,54 cm), comprimento de panícula (18,32 cm) e matéria orgânica (MO) (968,67 g/kg MS). O BRS-506 obteve os maiores resultados de número de perfilhos vivos (NPV) (4,31), número de folhas vivas nos perfilhos (NFVP) (15,80), matéria seca (MS) (418,07 g/kg MN) e matéria mineral (MM) (35,18 g/kg MS). O BRS-Ponta Negra produziu o maior número de folhas vivas no colmo (NFVC) (4,75) e não diferiu do IPA-SF-15 no DC nem no NFVC, assim como não diferiu do BRS-506 no NPV, NFVP, MS e MM. As cultivares não diferiram na PMV nem na PMS ($p > 0,050$). No sorgo, o consórcio elevou ($p < 0,050$) o NPV, o NFVP, o número de folhas vivas totais e a MM, porém reduziu MS e MO. Na palma forrageira, o consórcio não influenciou nenhuma das variáveis morfológicas nem químico-bromatológicas, tampouco a PMV e PMS ($p > 0,050$). Portanto, as três cultivares de sorgo apresentam o mesmo potencial produtivo, com qualidade nutricional minimamente distinta. Ademais, o consórcio não reduziu a produtividade nem a qualidade nutricional do sorgo nem da palma. Dessa forma, ele possibilitou o cultivo simultâneo de duas culturas, na mesma área, sem comprometer suas características produtivas e nutricionais. Logo, o consórcio aumentou a produtividade de forragem por área.

Palavras-chave: Caatinga, Morfologia, *Opuntia stricta*, Produção de forragem, *Sorghum bicolor*.

LOPES, M. L. S. L. **Agronomic and chemical-bromatological aspects of sorghum and forage cactus cultivated in intercropping in the Semi-arid region.** Dissertation (Master's in Animal Science and Pasture). Graduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade.

SUMMARY

The sorghum-palm consortium is used in the semi-arid region, especially to ensure food for ruminants in the dry period, when there is a reduction in forage availability. Therefore, the objective of this work was to evaluate the productive capacity and nutritional quality of sorghum varieties intercropped with forage cactus in rainfed conditions.. For this, three sorghum varieties (*Sorghum bicolor*) were evaluated - BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 and BRS-506 - in monoculture and intercropped with forage cactus - *Opuntia stricta* Var. Orelha-de-Elefante-Mexicana. Morphological data and samples for chemical-bromatological evaluation were collected in both cultures, from which the productivity of fresh matter (FMP) and dry matter (DMP) was also determined. After the data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the *Tukey* test (5%), the varieties differed ($p < 0.050$), IPA-SF-15 presented the highest plant height values (208.80 cm), stem diameter (CD) (1.54 cm), panicle length (18.32 cm) and organic matter (OM) (968.67 g/kg DM). BRS-506 obtained the highest results for number of live tillers (NLT) (4.31), number of live leaves on tillers (NLLT) (15.80), dry matter (DM) (418.07 g/kg MN) and Ash (35.18 g/kg DM). BRS-Ponta Negra produced the highest number of live leaves on the culm (NLLC) (4.75) and did not differ from IPA-SF-15 in DC or NLLC, nor did it differ from BRS-506 in NLT, NLLT, DM and Ash. The cultivars did not differ in FMP or DMP ($p > 0.050$). In sorghum, the consortium increased ($p < 0.050$) NLT, NLLT, the number of total living leaves and Ash, but reduced DM and OM. In forage cactus, the consortium did not influence any of the morphological or chemical-bromatological variables, nor FMP and DMP ($p > 0.050$). Therefore, the three sorghum cultivars have the same productive potential, with minimally different nutritional quality. Furthermore, the consortium did not reduce the productivity or nutritional quality of sorghum or palm. In this way, it enabled the simultaneous cultivation of two crops, in the same area, without compromising their productive and nutritional characteristics. Therefore, the consortium increased forage productivity per area.

Keywords: Caatinga, Forage production, Morphology, *Opuntia stricta*, *Sorghum bicolor*.

1.0 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes é uma das principais atividades que movimentam a economia no Semiárido brasileiro, região que, segundo a SUDENE (2021), compreende 12% do território nacional, uma extensão de 1.182.697 km². Consoante Alves et al. (2020), o Semiárido apresenta fatores edafoclimáticos peculiares, como precipitação irregular, temperaturas elevadas e baixa umidade do ar. Tudo isso ocasiona baixo armazenamento de água no solo em vários períodos do ano, o que dificulta o crescimento da maioria das forrageiras e torna necessário uma via alternativa para assegurar alimento aos animais nos períodos de estiagem, como o uso da palma forrageira.

A palma é um dos principais recursos alimentares dos rebanhos em períodos entre os pulsos de precipitação (DUBEUX JÚNIOR, et al., 2013), pois destaca-se pela alta produtividade de matéria seca mesmo em condições de sequeiro (12 a 47.000 kg.ha⁻¹) (SÁ et al., 2018). Além disso, a palma forrageira é um ingrediente energético, com alta digestibilidade. Porém, ela apresenta baixo teor de carboidratos fibrosos (KNUPP et al., 2019), o que pode ocasionar distúrbios digestivos aos animais. Por isso, é necessário a associação da palma a uma fonte de fibra, como o sorgo (DINIZ et al., 2017; LIRA et al., 2021).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea tolerante a estresse hídrico e a diferentes condições de solos (BARROS & SILVA, 2020). Além disso, é um ingrediente energético, rico em carboidratos fibrosos e com alta produtividade de matéria seca (JARDIM et al., 2020), de 9 a 22.000 kg.ha⁻¹ (PORFÍRIO et al., 2021). O sorgo pode ser ofertado na forma de silagem, feno ou corte verde. Para isso, podem ser usadas variedades forrageiras/silageiras, sacarinas e graníferas (TABOSA et al., 2020). Diante dessas características xerofílicas e nutricionais, o sorgo tem potencial para aumentar a oferta de forragem no Semiárido, especialmente quando empregado em consórcio com palma forrageira (JARDIM et al. 2020).

O consórcio é uma configuração de plantio em que há o cultivo simultâneo de mais de uma espécie vegetal na mesma área (ALVES et al., 2020). Esse sistema melhora as características físicas do solo e reduz a incidência de pragas nas culturas (SILVA et al., 2023). Além disso, o consórcio sorgo-palma otimiza o uso da terra e aumenta a produtividade de forragem, pois possibilita intercalar o cultivo de sorgo entre os ciclos da palma forrageira (LIRA et al., 2021).

A implantação do consórcio sorgo-palma, forrageiras que aliam adaptabilidade e produtividade, é importante sobretudo em regiões com estacionalidade na produção de forragem. Porém, é necessário definir as cultivares mais promissoras sob as condições ambientais do Semiárido, a fim de identificar o(s) consórcio(s) com maior capacidade produtiva e qualidade nutricional (JARDIM et al., 2020).

A priori, acredita-se que variedades de sorgo apresentam desempenho produtivo e características nutricionais distintas devido a suas diferentes aptidões, o que está relacionado com as peculiaridades morfológicas de cada cultivar. Além disso, como o fenótipo do sorgo e da palma é influenciado pelo ambiente, supõe-se que o consórcio altera a arquitetura das plantas de sorgo e da palma forrageira, refletindo efeito sobre a produtividade e a composição químico-bromatológica.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a capacidade produtiva e a qualidade nutricional de diferentes variedades de sorgo consorciadas com palma forrageira - sob condições de sequeiro -, a fim de identificar a(s) variedade(s) e o sistema de cultivo mais produtivo e com maior qualidade nutricional em condições de Semiárido.

2.0 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em uma área da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, zona rural de Garanhuns-PE. Este é um município do Agreste Meridional do estado de Pernambuco, está situado no Planalto da Borborema e apresenta altitudes que variam de 601 a 800 m, com áreas que podem atingir de 801 a 1000 m. O clima, segundo a classificação de Kopper, é BSh, com transição de tropical úmido a tropical quente e seco. Não ocorre, todavia, registros extremos desses dois tipos climáticos. A temperatura média anual varia no íterim de 20,1 a 22°C; e a precipitação, de 751 a 1000 mm anuais (BARBOSA et al., 2016). Durante o período experimental, a precipitação variou conforme exposto na Figura 2, com um acumulado de 1.368,5 mm. Desse total, 850,9 mm concentrou-se durante o ciclo do sorgo (APAC, 2022).

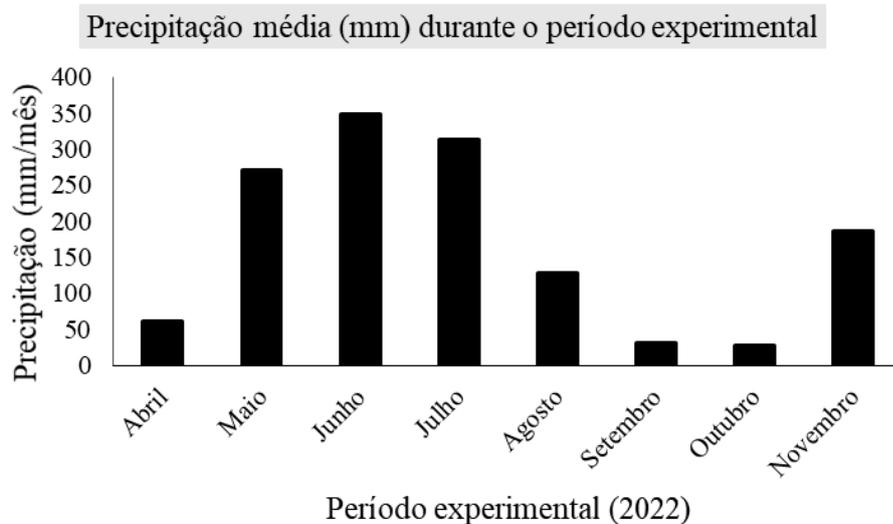


Figura 2. Precipitação mensal (mm) ao longo do período experimental. Fonte: APAC (2022)

2.2 AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

A caracterização do solo da área experimental foi realizada mediante análises física e química de uma amostra composta, que foi coletada nas parcelas antes da implantação do experimento. Com auxílio de um trado manual holandês, foi realizada uma amostragem da

camada 0-20 cm do solo, em 12 pontos distribuídos em “zigue-zague” ao longo da área. O material foi homogeneizado e posteriormente armazenado em saco plástico com identificação.

A amostra foi enviada para a central analítica, em Maceió-AL, onde foram realizadas análises química e física, que demonstraram que o solo da área experimental apresenta 707 g/kg de areia (403g/kg de areia grossa e 304g/kg de areia fina). Os teores de silte e argila são, respectivamente, 89g/kg e 205g/kg. Em vista dessa granulometria, o solo é classificado como franco-argilo-arenoso do tipo 2. Os resultados dos parâmetros químicos estão na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Caracterização química do solo da área experimental

Profundidade	pH ¹	S	C.T.C efetiva							MO					
			Na ²	P ²	K ²	Ca ³	Mg ³	Al ³	H+Al ⁴	V	M	Sat. K	total	PST	
			ppm			meq/100ml				%					
0-20 cm	5,2	3,8	4,29	16	5	25	1,9	1,8	0,46	4,9	43,9	10,7	0,7	3,85	0,8

¹pH em água. ²Extrator Mehlich. ³KCl 1N. ⁴Acetato de cálcio pH 7,0.

2.3 DESENHO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Foi realizado um delineamento em blocos casualizados com três repetições, em parcelas de 6,0 x 5,0 m. Nelas foram analisados o desempenho agrônômico e a qualidade químico-bromatológica da palma forrageira e de diferentes cultivares de sorgo. Para o sorgo, o experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x2, no qual foram avaliadas três variedades de sorgo em dois sistemas de plantio - monocultivo e consórcio com palma forrageira [*Opuntia stricta* Var. Orelha-de-Elefante-Mexicana (OEM)].

Foram utilizadas uma variedade de sorgo granífero (BRS-Ponta Negra) e duas sacarinas: IPA-SF-15 e BRS-506. A primeira e a segunda são difundidas pelas propriedades da região Nordeste; a terceira, típica de pastagens das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Os tratamentos de sorgo avaliados foram: BRS-Ponta Negra, BRS-Ponta Negra + OEM, IPA-SF-15, IPA-SF-15 + OEM, BRS-506 e BRS-506 + OEM.

Doadas pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), unidade de Caruaru-PE, as sementes de sorgo [Figura 3 (A)] foram propagadas em 1 junho de 2022. Com auxílio de sulcador, foram abertos, no solo, sulcos com três centímetros de profundidade. Neles foram depositadas entre três e cinco sementes a cada 0,20 metros lineares.

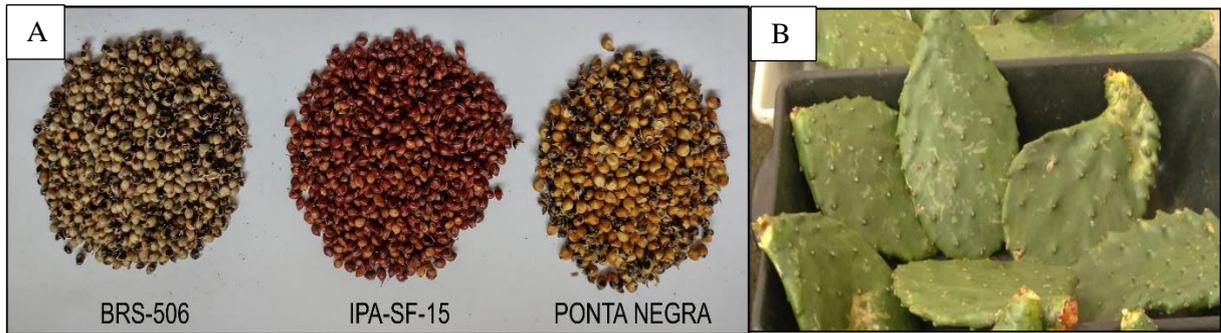


Figura 3. Sementes de sorgo utilizadas no experimento (A). Cladódios de palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana (B). Fonte: Arquivo pessoal (2022)

Os tratamentos em sistema de plantio solteiro foram implantados em fileiras simples, com espaçamento de 0,75 m entre as linhas. Logo, o espaçamento utilizado foi 0,75 x 0,20 m. Com isso, a população estimada de sorgo per fez 66.666,66 plantas/ha. Enquanto isso, nos consórcios, a densidade populacional foi de 44.444,44 plantas/ha. Neste caso, houve semeadura de duas fileiras (0,75 x 0,20 m) em cada entrelinha da palma forrageira, cujo espaçamento de plantio foi de 2,25 x 0,40 m (11.111,11 plantas/ha).

A avaliação da palma forrageira [Figura 3 (B)] ocorreu mediante análise do clone Orelha-de-Elefante-Mexicana (IPA-200016), que foi avaliado em plantio solteiro (tratamento OEM) e sob efeito do sistema consorciado com as variedades de sorgo (tratamento OEM consórcio). Os cladódios da palma forrageira foram oriundos da gerência regional do IPA localizada em Arcoverde-PE. Os cladódios da palma forrageira [Figura 5 (b)], que foi avaliada foram oriundos da gerência regional do IPA localizada em Arcoverde-PE.

A semeadura dos cladódios ocorreu em 19 de fevereiro de 2016, ou seja, seis anos pré-plantio do sorgo. Nesse ínterim, houve a realização de três colheitas: a primeira ocorreu 12 meses após a propagação dos cladódios; a segunda, 12 meses após o primeiro corte; a última, 45 dias antes do plantio do sorgo. Em todos os cortes, foram preservados apenas os cladódios basais.

Desde o momento da realização do corte da palma até o plantio do sorgo, foram realizadas capinas periódicas a cada 15. Após a semeadura da cultura anual, esse intervalo foi reduzido para sete dias. Ademais, para controle de formigas-cortadeiras (*Atta spp.* e *Acromyrex spp.*) nas parcelas, foram aplicadas iscas inseticidas.

A frequência de aplicação das iscas foi consoante o aparecimento dos insetos na área experimental após o plantio do sorgo. Realizaram-se três aplicações: a primeira, ocorreu

imediatamente após a semeadura do sorgo; a segunda, 30 dias pós-plantio; a terceira, nos 60 dias subsequentes.

Além disso, foi realizado adubação de cobertura para a cultura do sorgo, com a qual foram adicionados, ao solo, N e P por meio da aplicação da linha comercial 10-30-00, na proporção de 200 kg/ha. O adubo foi aplicado ao longo das linhas do sorgo, aos 75 dias pós-semeadura. Outrossim, foi realizado o desbaste do sorgo 30 dias pós-semeadura.

2.4 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA VERDE E SECA DO SORGO E DA PALMA FORRAGEIRA

Ao longo do período experimental, foram coletados dados de variáveis morfológicas das variedades de sorgo forrageiro para determinação da curva de crescimento nos dois sistemas de cultivo. As avaliações foram iniciadas 30 pós-semeadura. Posteriormente, as coletas de dados foram realizadas no ínterim de 15 dias, até os 120 dias pós-semeadura (total de sete coletas), quando também foi estimado os parâmetros produtivos da forrageira. Para tanto, selecionaram-se seis plantas dentro de cada unidade experimental. Essas plantas foram marcadas com fitas vermelhas e nelas foram realizadas avaliações das seguintes variáveis:

- Número de folhas vivas no colmo (NFV): foi contabilizado o número de folhas vivas na haste principal (adultas e jovens, com exceção da folha cuja expansão se encontrava em estágio inicial, no cartucho);
- Número de folhas mortas no colmo (NFM): somatório de folhas senescentes na haste. Em cada avaliação, após a contagem do número de folhas mortas, essas lâminas foram retiradas da planta para não haver superestimação do número de folhas mortas no intervalo subsequente;
- Número de perfilhos vivos por planta (NPV): montante de perfilhos adultos e jovens por planta;
- Número de folhas vivas por perfilho (NFVP): totalidade de folhas verdes em cada perfilho da planta (jovens e adultas – exceto a folha no cartucho em estágio inicial de expansão);
- Altura da planta (AP): distância entre a superfície do solo e a extremidade da última folha completamente expandida. Para a mensuração dessa variável, foi utilizada trena

metálica e régua graduada (esta, no fim do ciclo, quando a altura da planta inviabilizou a utilização da ferramenta de outrora);

- Diâmetro do colmo (DC): aferido com paquímetro manual, na altura do primeiro entrenó, na orientação norte-sul;
- Comprimento da panícula (CP): determinada aos 120 dias pós-plantio, com trena de fita, e consistiu na distância entre a base e o ápice da ráquis;
- Produtividade de matéria verde (PMV): aos 120, as seis plantas acompanhadas durante todo o ciclo foram cortadas rentes ao solo, em seguida o material foi pesado em balança de precisão. Foi obtido o peso fresco médio por planta (PFP, kg.planta) e calculada a PMV ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a partir do produto de PFP e a densidade de plantas estimada por hectare (DPH);
- Produtividade de matéria seca (PMS): estimada a partir da equação $\{[(\text{PMV} \times \% \text{MS})]/100\}$.

A avaliação biométrica da palma forrageira foi realizada previamente à colheita da planta, aos 213 dias pós-corte. Para isso, foram selecionadas seis plantas em cada parcela, nas quais foram realizadas as seguintes avaliações:

- Número de cladódios primários (NCP): obtido pelo somatório dos cladódios de primeira ordem;
- Número de cladódios secundários (NCS): determinado a partir da contagem de cladódios de segunda ordem;
- Número de cladódios totais (NCT): obtido a partir do somatório de NCP e NCS;
- Altura da planta (AP): mensurada com trena metálica, essa variável correspondeu à distância entre a base do solo e o ápice do cladódio mais alto;
- Largura da planta (LP): obtida pela média entre as larguras nas orientações norte-sul e leste-oeste, aferidas com trena metálica;
- Comprimento médio dos cladódios (CC): aferido com trena de fita, correspondeu à média do comprimento de dois cladódios representativos da planta;
- Largura média dos cladódios (LC): mensurada com trena de fita, foi obtida a partir da média da largura de dois cladódios representativos da planta;

- Perímetro médio dos cladódios (PC): determinado com trena de fita, correspondeu ao perímetro médio de dois cladódios representativos da planta;
- Espessura média dos cladódios: mensurado com paquímetro manual, foi obtido pela média de espessura de dois cladódios representativos da planta;
- Produtividade de matéria verde (PMV): após as mensurações, houve o corte de dois cladódios representativos de cada planta avaliada, os quais foram pesados em balança de precisão para obtenção do peso fresco médio do cladódio (PFC). Em seguida, foi estimado o peso fresco médio por planta (PFP, kg.planta) a partir do produto de PFC e o número médio de cladódio por planta (NCP). Por fim, foi calculada a PMV ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a partir do produto de PFP e a densidade de plantas estimada por hectare (DPH);
- Produtividade de matéria seca (PMS): estimada a partir da equação $\{[\text{PMV} \times (\% \text{MS})]/100\}$.

No fim do ciclo de ambas as forrageiras, foi possível estimar o efeito do sistema consorciado sobre as variáveis avaliadas. Para isso, foi aplicada a Equação 1 a seguir apresentada.

- $EC = [(\text{Consórcio} \times 100) / \text{Monocultivo}] - 100$ Eq. (1): Efeito do consórcio

2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA VEGETAL DO SORGO E DA PALMA FORRAGEIRA

Para determinação da composição químico-bromatológica, o material vegetal cortado das forrageiras foi levado ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), onde foi seco em temperatura de 55°C , em estufa de ventilação forçada de ar, até manutenção do peso constante do sorgo e da palma forrageira.

O material pré-seco foi pesado em balança de precisão e moído em moinho de facas equipado com peneira (crivos de 1 mm e 2 mm) para posterior determinação das análises de matéria seca (AOAC 930.15), matéria orgânica (AOAC 942.05), matéria mineral (AOAC 942.05) proteína bruta (AOAC 954.01) e extrato etéreo (AOAC 920.39). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com van Soest et al. (1991), com modificações propostas por Senger et al. (2008).

Para determinação da lignina digerida em ácido (LDA), utilizou-se a metodologia proposta por van Soest et al. (1991), na qual a lignina foi obtida a partir da solubilização da celulose mediante imersão em ácido sulfúrico (72%). As frações de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) foram estimadas pelas respectivas equações: $CEL = FDA - LDA$ e $HEM = FDN - FDA$. Enquanto isso, os carboidratos totais (CHOT) foram calculados conforme Sniffen et al. (1992), em que, $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$.

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados do experimento foram analisados no programa *Statistical Analysis System* (SAS[®]). Os dados da curva de crescimento do sorgo obtidos ao longo do experimento foram submetidos à análise de regressão para avaliação da significância, a 5% de probabilidade pelo teste de Fisher, de efeito linear e/ou quadrático no crescimento das variáveis morfológicas ao longo do tempo. Ademais, os dados biométricos do sorgo e da palma coletados no fim do ciclo e os dados das análises químico-bromatológicas foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Quando constatado a existência de pelo menos um contrataste entre as médias de tratamentos estatisticamente diferentes de zero, foi efetuado o Teste de *Tukey* para comparação das médias, considerando $\alpha \geq 0,050$. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{klj} = \mu + V_k + S_l + VS_{kl} + e_{klj}$$

Em que Y_{klj} é a observação, μ é a média dos resultados, V_k é o efeito da k-ésima variedade, S_l é o efeito do l-ésimo sistema de cultivo, VS_{kl} é a interação dos fatores “variedade” e “sistema de cultivo” e e_{klj} é o erro experimental associado a cada observação.

3.0 RESULTADOS

3.1 DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA VERDE E SECA

3.1.1 Sorgo

A curva de crescimento das plantas de sorgo demonstrou que as variedades BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506 apresentaram – nos tratamentos em monocultivo e consorciados – aumento linear de altura de planta (AP) e diâmetro de colmo (DC) ao longo do ciclo (Figura 4), até atingirem valores de AP e DC que se mantiveram estáveis até o fim do ciclo. A estabilidade da AP ocorreu a partir dos 90 dias pós-semeadura (DPS) no BRS-Ponta Negra e no BRS-506, ao passo que o IPA-SF-15 estabilizou AP aos 105 DPS. Enquanto isso, a estabilização do DC ocorreu aos 90 DPS no BRS-Ponta Negra e no IPA-SF-15, já o sorgo BRS-506 atingiu estabilidade no DC aos 75 DPS.

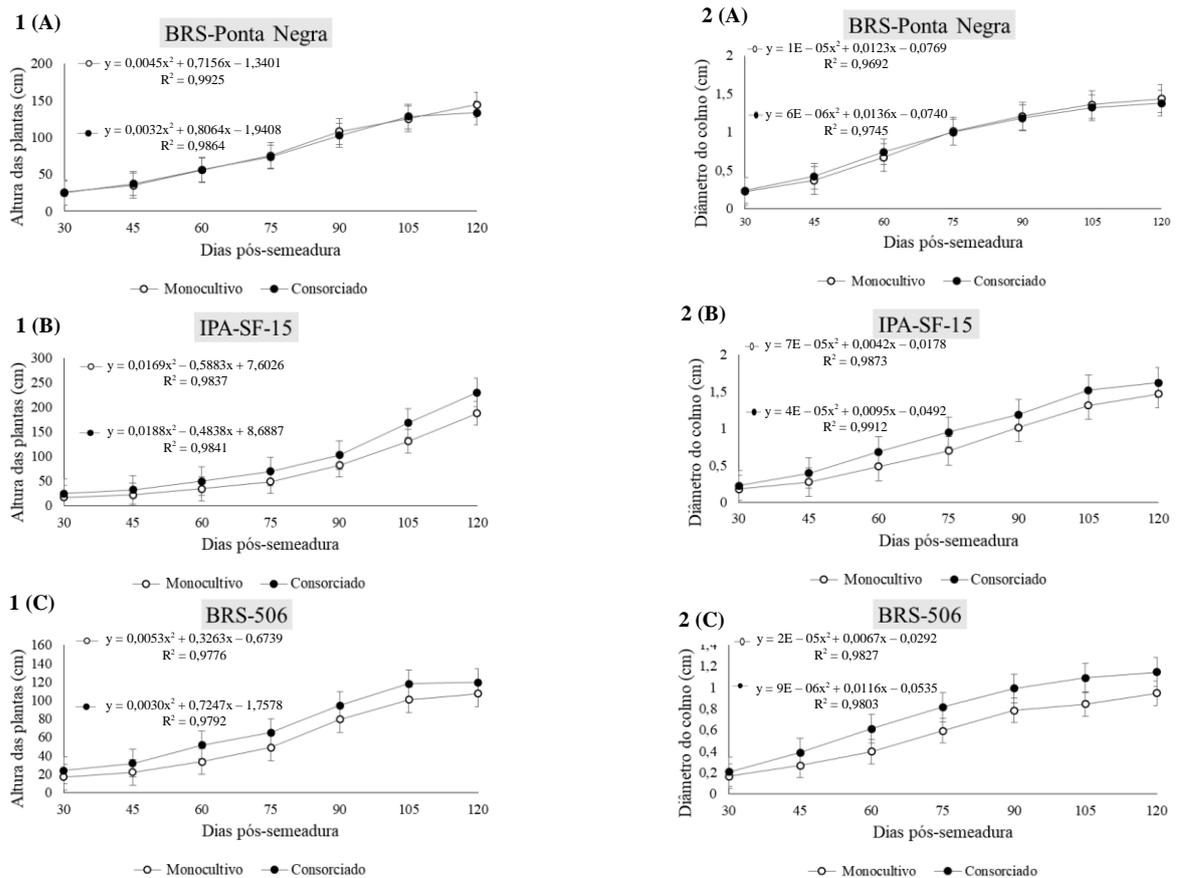


Figura 4. (1) Altura de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Diâmetro do colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio.

O número de folhas vivas no colmo (NFVC) elevou-se de maneira quadrática ao longo do ciclo, com estabilização cujo início se deu em períodos distintos nas variedades [Figura 5 (1)]. Enquanto o BRS-Ponta Negra e o IPA-SF-15 tiveram NFVC estável a partir dos 60 DPS, o BRS-506 mostrou-se mais precoce, com estabilização no NFVC desde os 45 DPS. Ademais, no íterim 90-105 DPS, o tratamento da cultivar IPA-SF-15 submetido ao monocultivo obteve NFVC menor do que as plantas avaliadas em sistema de consórcio.

Nas variedades BRS-Ponta Negra e BRS-506, não foi observado efeito do consórcio sobre o NFVC ao longo do ciclo produtivo. Além disso, em todas as variedades, houve redução no NFVC na quinzena 105-120 DPS, quando ocorreu crescimento acentuado no número de folhas mortas no colmo (NFMC). Nesta variável morfológica, foi observado incremento linear ao longo do ciclo, em ambos os sistemas de cultivo [Figura 5 (2)].

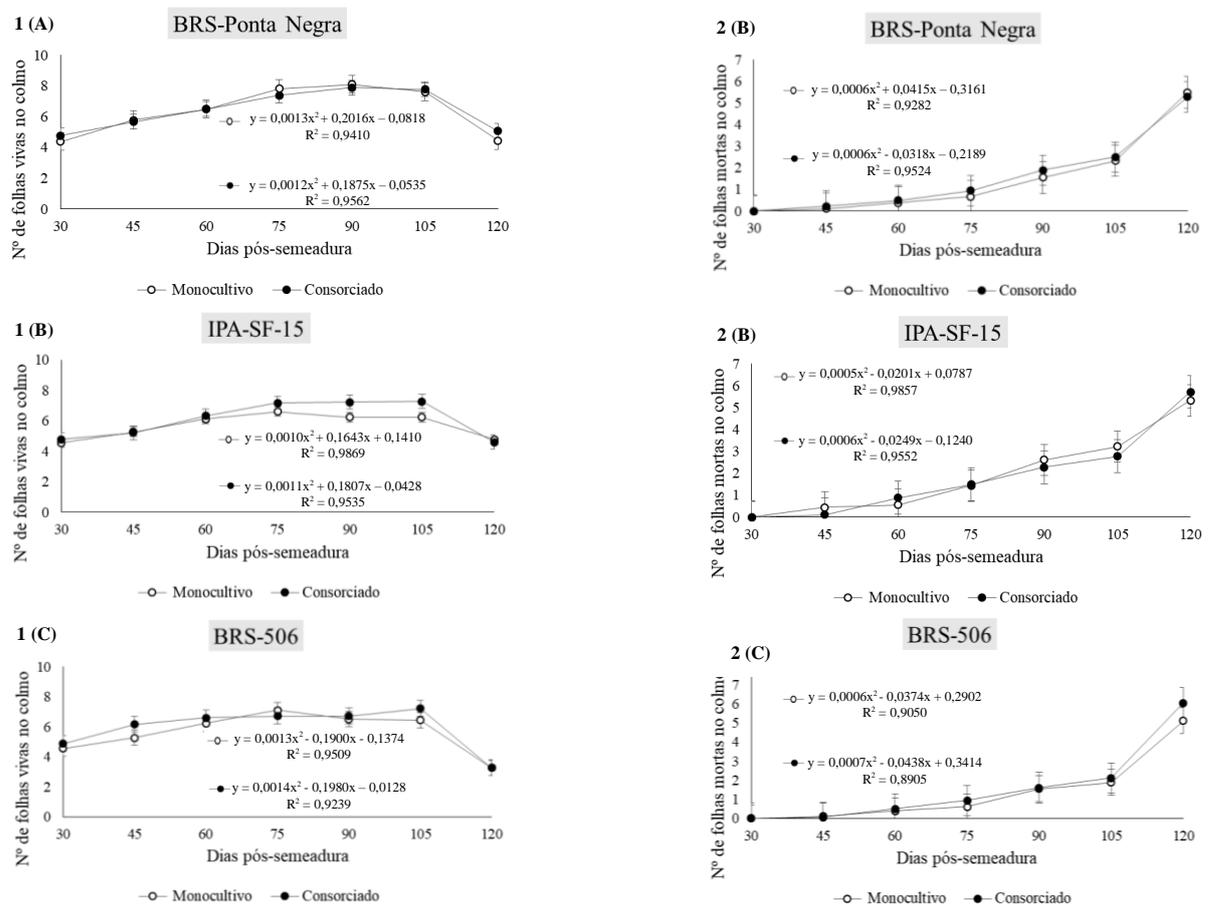


Figura 5. (1) Número de folhas vivas no colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Número de folhas mortas no colmo principal de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio

O número de perfilhos vivos (NPV) [Figura 6 (1),] o número de folhas vivas nos perfilhos (NFVP) [Figura 6 (2)] e o número de folhas vivas totais (NFVT) (Figura 7)

apresentaram comportamento quadrático ao longo do ciclo. Nota-se que, no período 75-120 DPS, houve estabilidade no NPV e no NFVP nos tratamentos de BRS-Ponta Negra e IPA-SF-15 do monocultivo. O NFVT apresentou estabilidade apenas no íterim 75-105 DPS, pois houve redução na quinzena final. Enquanto isso, no consórcio, o NPV, o NFVP e o NFVT demonstraram crescimento até os 105 DPS. No período de avaliação seguinte, houve redução no NPV, no NFVP e no NFVT no IPA-SF-15. Por outro lado, no BRS-Ponta Negra essas variáveis se mantiveram estáveis.

A partir dos 75 DPS, o BRS-506 apresentou elevação no NPV, no NFVP e no NFVT em ambos os sistemas de cultivo. Entretanto, a partir dos 105 DPS, as plantas sob sistema consorciado destacaram-se em relação às plantas em monocultivo em todas as variáveis supracitadas. Esse comportamento foi observado até o fim do ciclo apenas para o NPV, uma vez que, não houve diferença para as variáveis NFVP e NFVT entre os tratamentos dos sistemas de plantio em monocultivo e em consórcio.

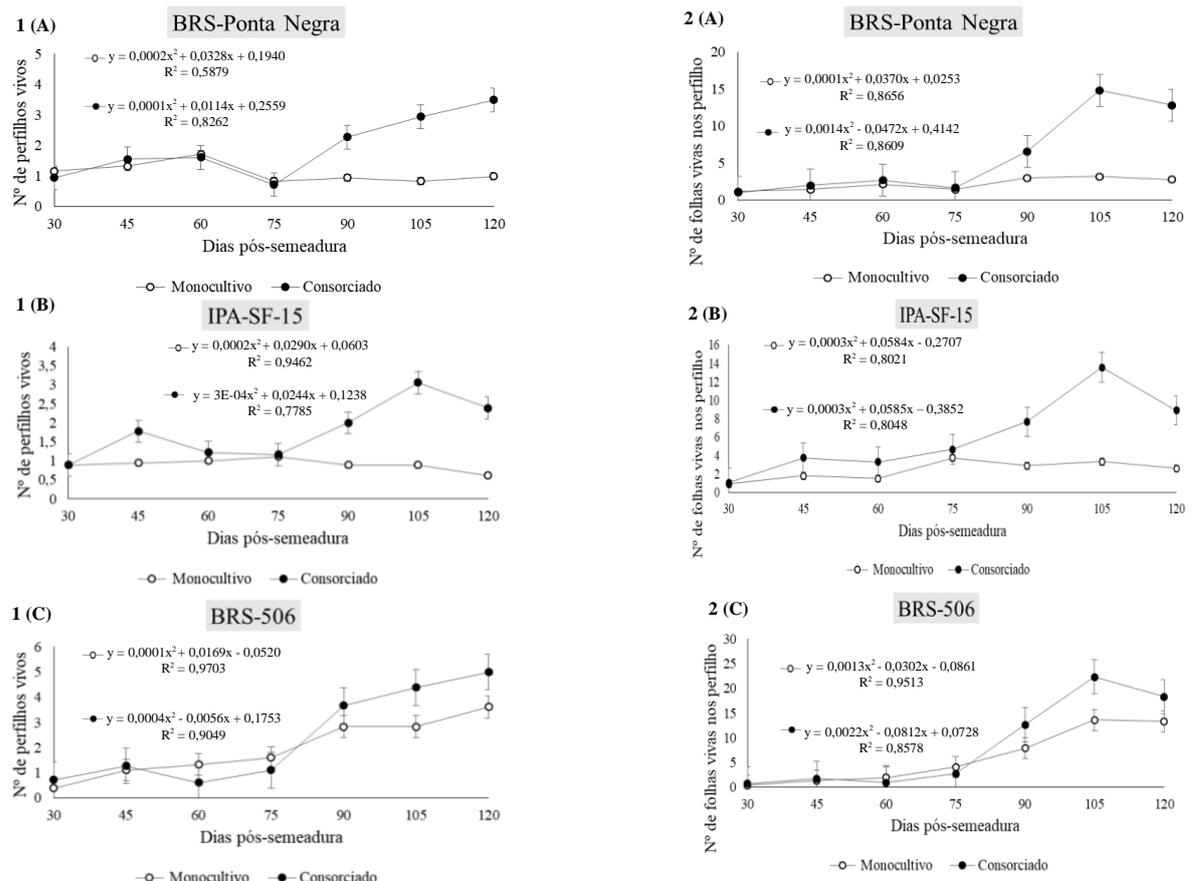


Figura 6. (1) Número de perfilhos vivos de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio. (2) Número de folhas vivas nos perfilhos de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio

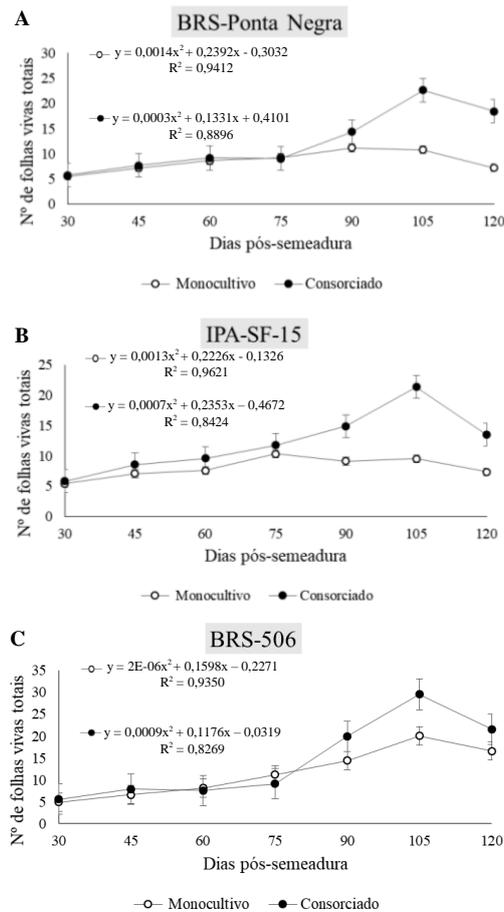


Figura 7. Número de folhas vivas totais de plantas de sorgo das variedades BRS-Ponta Negra (A), IPA-SF-15 (B) e BRS-506 (C) dos 30 aos 120 dias pós-plantio em sistema de monocultivo e de consórcio

No fim do ciclo produtivo, foi observado que, de forma geral, as variedades de sorgo avaliadas diferiram na maioria das variáveis biométricas avaliadas ($p < 0,050$) (Tabela 3), salvo nos valores de NFMC e NFVT. Além disso, os resultados demonstraram que o sistema de cultivo influenciou a arquitetura das plantas, uma vez que consórcio apresentou efeito sobre algumas características morfológicas ($p < 0,050$) (Tabela 3), como NPV, NFVP e NFVT.

Na AP (Tabela 3), foi observado diferença entre as variedades de sorgo ($p = 0,004$). O IPA-SF-15 apresentou destaque, com o maior valor de AP. Enquanto isso, as plantas com menor AP compuseram as parcelas formadas pela cultivar BRS-506, que não diferiu da AP do sorgo BRS-Ponta Negra.

O DC também diferiu entre as cultivares de sorgo avaliadas ($p = 0,009$) (Tabela 3). O BRS-506 apresentou o caule com menor DC, ao passo que o destaque - mais uma vez - foi para a cultivar IPA-SF-15, cujo DC não foi distinto do DC do sorgo da cultivar BRS-Ponta Negra.

As variedades de sorgo também diferiram na produção de perfilhos ($p=0,012$) (Tabela 3). As plantas da cultivar BRS-506 destacaram-se com o maior NPV por planta. O sorgo IPA-SF-15 apresentou o menor resultado. Enquanto isso, o BRS-Ponta Negra apresentou NPV intermediário. O consórcio influenciou positivamente o NPV ($p=0,014$) (Tabela 3). Houve incremento de 38,46 %, 250% e 290,91% para as cultivares BRS-506, BRS-Ponta Negra e IPA-SF-15, respectivamente (Figura 8).

Com relação à produção de lâminas foliares, o NFVC diferiu entre as cultivares ($p=0,013$) (Tabela 3). O destaque foi observado no BRS-Ponta Negra, que apresentou quantitativo de folhas que não diferiu do NFVC encontrado no IPA-SF-15. Em contrapartida, o BRS-506 portou o número mais ífero entre as variedades.

O NFVP diferiu entre as cultivares ($p=0,037$) (Tabela 3). O BRS-506 destacou-se com o maior NFVP, enquanto o sorgo IPA-SF-15 apresentou o menor resultado. Este não diferiu do NFVP obtido pelas plantas da cultivar BRS-Ponta Negra. Outrossim, observou-se que o consórcio influenciou o NFVP ($p=0,032$) (Tabela 3), porquanto promoveu incremento de 362%, 240,42% e 37,08% nas variedades BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506, respectivamente (Figura 8).

O NFVT também foi influenciado pelo sistema consorciado ($p=0,046$) (Tabela 3). Este elevou o NFVT nas plantas das cultivares de sorgo. O incremento foi de 155,38 % (BRS-Ponta Negra), 82,71 % (IPA-SF-15) e 29,76 % (BRS-506) (Figura 8).

Foi observado diferença entre as variedades também no comprimento da panícula (CP) ($p<0,0001$) (Tabela 3). O IPA-SF-15 produziu as maiores panículas. O BRS-Ponta Negra emitiu panículas de comprimento intermediário, ao mesmo tempo que o BRS-506 apresentou as panículas mais discretas.

Apesar da variabilidade nas características biométricas, as cultivares de sorgo não apresentaram diferença na produtividade de matéria verde (PMV) ($p>0,050$) (Tabela 3), tampouco na produtividade de matéria seca (PMS) ($p>0,050$) (Tabela 3). No mais, as PMV e PMS não diferiu entre os sistemas de cultivo ($p>0,050$) (Tabela 3). Outrossim, não houve interação entre variedade de sorgo e sistema de cultivo em nenhuma das variáveis avaliadas ($p>0,050$) (Tabela 3).

Tabela 3. Características morfológicas e de produtividade de plantas de sorgo de três variedades cultivadas em sistema de monocultivo e de consórcio com palma forrageira

Item	Variedades			Sistemas		CV%	p - valor		
	BRS - Ponta Negra	IPA - SF15	BRS - 506	Monocultivo	Consórcio		SC	V	SC*V
AP (cm)	138,69 B	208,81 A	113,31 B	146,37 a	160,83 a	24,2	0,539	0,004	0,471
DC (cm)	1,41 A	1,54 A	1,05 B	1,28 a	1,38 a	15,55	0,39	0,009	0,564
CP (cm)	27,81 B	36,66 A	19,92 C	28,06 a	28,19 a	21,65	0,939	<0,0001	1,000
NPV	2,25 AB	1,50 B	4,31 A	1,74 b	3,63 a	60,15	0,014	0,012	0,788
NFVC	4,75 A	4,69 A	3,28 B	4,17 a	4,31 a	18,15	0,773	0,013	0,636
NFMC	5,39 A	5,53 A	5,58 A	5,31 a	5,69 a	13,47	0,642	0,909	0,475
NFVP	7,81 AB	5,75 B	15,81 A	6,24 b	13,33 a	66,59	0,032	0,037	0,766
NFVT	12,83 A	10,44 A	19,08 A	10,41 b	17,83 a	45,99	0,046	0,136	0,724
PMV (kg.ha ⁻¹)	13637,04 A	16866,67 A	9711,73 A	13596,30 a	13213,99 a	35,27	0,921	0,152	0,563
PMS (kg.ha ⁻¹)	5237,84 A	6232,86 A	3949,05 A	5373,49 a	4906,35 a	34,17	0,76	0,238	0,703

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha das variedades e minúscula na linha dos sistemas não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

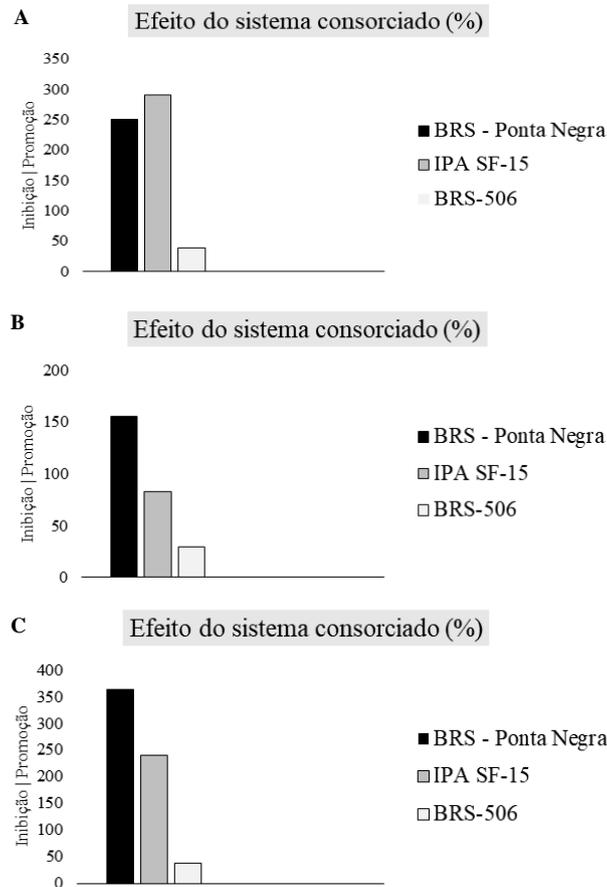


Figura 8. Efeito do consórcio sobre a inibição e/ou promoção no número de perfilhos vivos (A), no número de folhas vivas nos perfilhos (B) e no número de folhas vivas totais (C) nas plantas de sorgo BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506.

3.1.2 Palma forrageira

De forma geral, os resultados demonstraram que o sistema de consórcio não influenciou as características morfológicas da palma forrageira ($p > 0,050$) (Tabela 4). Tanto no sistema de monocultivo quanto de consórcio, foram observados os mesmos valores de AP, largura da planta (LP), número de cladódios primários (NCP), número de cladódios secundários (NCS) e número de cladódios totais (NCT) (Tabela 4).

Ademais, não foi observado efeito do consórcio sobre o comprimento médio dos cladódios (CMC) e sobre a largura média dos cladódios (LMC) ($p > 0,050$) (Tabela 4). A espessura média dos cladódios (EMC) e o perímetro médio dos cladódios (PMC) também se mantiveram estáveis nos dois sistemas de cultivo nos quais a palma foi avaliada ($p > 0,050$).

(Tabela 4). No mais, não foi observado efeito do consórcio sobre PMV e PMS da palma forrageira ($p>0,050$) (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfológicas e de produtividade da palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana em monocultivo e em consórcio com variedades de sorgo

Item	Monocultivo	Consórcio	CV%	p-valor
AP (cm)	56,22 A	53,67 A	6,33	0,693
LP (cm)	43,03 A	45,32 A	10,17	0,789
NCP	7,67 A	7,98 A	9,04	0,859
NCS	1,28 A	2,80 A	34,30	0,253
NCT	8,94 A	10,78 A	7,31	0,197
CMC (cm)	28,14 A	27,06 A	11,95	0,839
LMC (cm)	16,67 A	16,31 A	7,22	0,702
EMC (cm)	1,15 A	1,09 A	4,37	0,520
PMC (cm)	66,86 A	64,56 A	10,88	0,877
PMV (kg.ha ⁻¹)	40147,33 A	50154,39 A	39,78	0,842
PMS (kg.ha ⁻¹)	2110,90 A	2501,03 A	22,85	0,628

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA VEGETAL

3.2.1 Sorgo

As análises químico-bromatológicas demonstraram que as variedades de sorgo diferiram nos teores de matéria seca (MS) ($p=0,013$), matéria mineral (MM) ($p=0,012$) e matéria orgânica (MO) ($p=0,012$) (Tabela 5). Além disso, foi observado efeito do sistema de cultivo apenas para essas variáveis ($p<0,050$) (Tabela 5).

O BRS-506 apresentou os maiores conteúdos de MS e MM, ao passo que o teor de MO dessa variedade foi o menor entre as cultivares (Tabela 5). A variedade IPA-SF-15 conteve os menores conteúdos de MS e MM, à medida que apresentou o maior valor de MO. O BRS-Ponta

Negra não diferiu do BRS-506 nem do IPA-SF-15 nas concentrações de MS, MM e MO (Tabela 5).

Destaca-se que consórcio reduziu o teor de MS das cultivares ($p < 0,050$) (Tabela 5). No BRS-506 e no IPA-SF-15, ocorreu inibição de, respectivamente, 14,87% e 7,61% [Figura 9 (A)]. O sistema consorciado com palma forrageira também alterou os teores de MM e MO das variedades de sorgo ($p < 0,050$) (Tabela 5). Houve elevação no teor de MM de 3,09%, 18,68% e 8,08% nas variedades BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506, nessa ordem [Figura 9 (B)]. Enquanto isso, a redução no teor de MO foi de 0,10%, 0,55% e 0,28% nas cultivares BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506, respectivamente [Figura 9 (C)]

Não foi observado diferença entre as variedades de sorgo nos teores de proteína bruta (PB) ($p = 0,566$) nem de extrato etéreo (EE) ($p = 0,909$) (Tabela 5), assim como nos teores de carboidratos totais (CHO) ($p = 0,207$), fibra em detergente neutro (FDN) (0,168) e fibra em detergente ácido (FDA) (0,337) (Tabela 5).

Também não diferiu entre as cultivares (Tabela 5) os conteúdos de lignina digerida em ácido (LDA) ($p > 0,229$), celulose (CEL) ($p > 0,291$) e hemicelulose (HEM) ($p > 0,808$). Não foi constatado interação entre as variedades de sorgo e os sistemas de cultivo ($p > 0,050$) (Tabela 5).

Tabela 5. Composição químico-bromatológica de plantas de sorgo de três variedades cultivadas em sistema de monocultivo e de consórcio com palma forrageira

Item	Variedades			Sistemas		CV%	p - valor		
	BRS - Ponta Negra	IPA - SF15	BRS - 506	Monocultivo	Consórcio		SC	V	SC*V
MS (g/kg MN)	389,03 AB	365,1 B	418,07 A	405,27 a	376,80 b	6,98	0,034	0,013	0,0612
MM (g/kg MS)	32,83 AB	31,34 B	35,18 A	31,60 a	34,63 b	9,91	0,411	0,012	0,137
MO (g/kg MS)	967,17 AB	968,67 A	964,82 AB	968,40 a	965,37 a	0,34	0,411	0,012	0,137
PB (g/kg MS)	50,65 A	51,05 A	56,22 A	53,32 a	51,96 a	11,94	0,855	0,566	0,775
EE (g/kg MS)	23,98 A	26,00 A	27,20 A	25,00 a	26,46 a	34,27	0,814	0,909	0,774
CHO (g/kg MS)	892,54 A	891,61 A	840,76 A	862,98 a	886,96 a	3,38	0,366	0,207	0,334
FDN (g/kg MS)	542,63 A	601,09 A	539,97 A	552,77 a	569,70 a	7,34	0,365	0,168	0,752
FDA (g/kg MS)	475,08 A	539,12 A	441,92 A	480,47 a	490,27 a	16,39	0,867	0,337	0,361
LDA (g/kg MS)	110,98 A	102,69 A	100,09 A	103,21 a	105,97 a	8,09	0,621	0,229	0,945
CEL (g/kg MS)	364,09 A	436,43 A	341,83 A	377,27 a	384,30 a	20,09	0,905	0,291	0,404
HEM (g/kg MS)	67,56 A	61,97 A	98,05 A	72,29 a	79,43 a	100,89	0,900	0,808	0,501

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha das variedades e minúsculas na linha dos sistemas não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

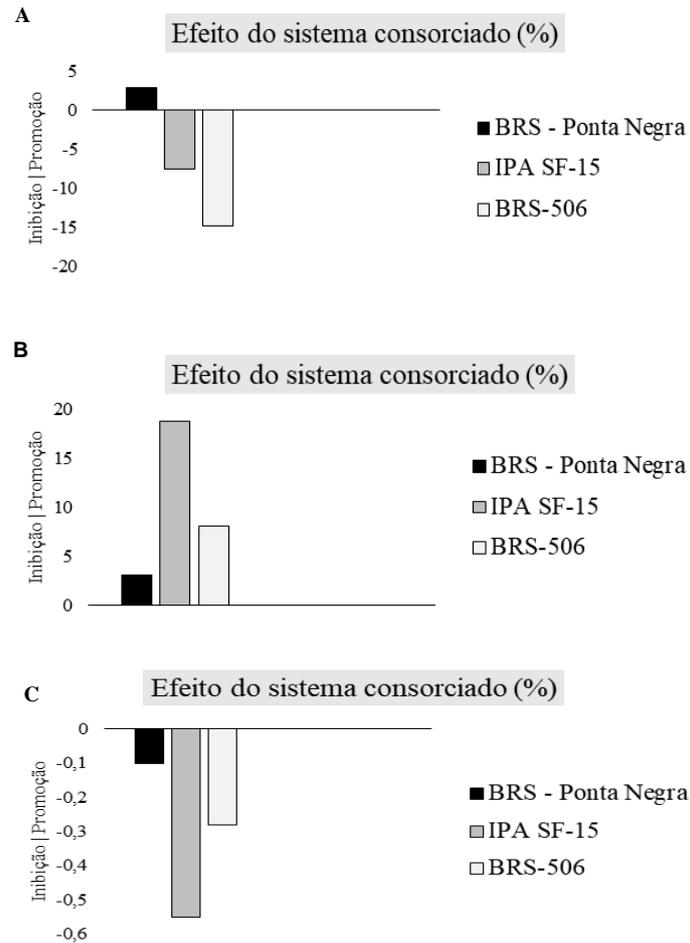


Figura 9. Efeito do consórcio sobre a inibição e/ou promoção no teor de matéria seca (A), matéria mineral (B) e matéria orgânica (C) nas plantas de sorgo BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506.

3.2.2 Palma forrageira

De forma geral, não houve efeito do consórcio sobre o teor das variáveis bromatológicas da palma forrageira ($p > 0,050$). Por assim dizer, tanto no monocultivo quanto em consórcio com as variedades de sorgo, foram observados valores análogos nos conteúdos de MS, MM, MO, PB, EE, CHO, FDN, FDA, CEL, HEM e LDA (Tabela 6).

Tabela 6. Composição químico-bromatológica de palma forrageira Orelha-de-Elefante-Mexicana em monocultivo e em consórcio com variedades de sorgo

Item	Monocultivo	Consórcio	CV%	p-valor
MS (g/kg MN)	55,49 A	50,71 A	22,04	0,890
MM (g/kg MS)	140,83 A	135,36 A	17,04	0,575
MO (g/kg MS)	859,17 A	864,64 A	2,73	0,575
PB (g/kg MS)	91,09 A	126,12 A	36,27	0,591
EE (g/kg MS)	30,59 A	25,43 A	10,56	0,193
CHO (g/kg MS)	737,48 A	678,40 A	14,58	0,904
FDN (g/kg MS)	313,68 A	360,08 A	23,21	0,492
FDA (g/kg MS)	166,03 A	191,18 A	8,52	0,374
LDA (g/kg MS)	44,99 A	51,13 A	16,05	0,486
CEL (g/kg MS)	121,03 A	140,05 A	8,07	0,289
HEM (g/kg MS)	147,66 A	168,90 A	41,66	0,455

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.0 DISCUSSÃO

4.1 CURVA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA VERDE E SECA

4.1.1 Sorgo

De forma geral, os resultados da curva de crescimento demonstraram que o IPA-SF-15 foi a variedade mais tardia, pois, embora tenha estabilizado o DC (Figura 4) e o NFVC no mesmo período que o BRS-Ponta Negra (Figura 5), essa cultivar apresentou alongamento da haste por mais tempo (Figura 4). Por assim dizer, a AP foi definida mais tardiamente. Isso aconteceu porque, segundo Tabosa et al. (2020), variedades sacarinas/forrageiras apresentam ciclo mais longo, o que influencia no porte final da planta.

Nessa perspectiva, o resultado contraproducente foi apresentado pelo BRS-506, já que, assim como o IPA-SF-15, é uma variedade de sorgo sacarina/forrageira. O BRS-506 foi a

variedade mais precoce na definição de todas as características biométricas supracitadas (Figuras 4 e 5). Esse menor tempo utilizado para o crescimento, consoante Cruz et al. (2021), impactou todo o desenvolvimento da planta.

Nessa linha, o tempo transcorrido para a estabilização das características morfológicas definiu a arquitetura das plantas no fim do ciclo. Nesse momento, foi observada correlação positiva entre o tempo para estabilização dos caracteres biométricos e seus respectivos valores no momento do corte (CRUZ et al., 2021), quando o IPA-SF-15 se destacou em vários caracteres morfológicos, como AP e DC (Tabela 3).

Apesar do destaque, os valores de AP e DC do IPA-SF-15 (Tabela 3) foram baixos, pois variedades sacarinas, especialmente as de grande porte como o IPA-SF-15, podem atingir alturas superiores a 300 cm (TABOSA et al., 2020) e colmos com diâmetros que variam de 1,7 cm a 2,2 cm (EKEFRE et al., 2017).

O DC (CAVALCANTE et al., 2017) e a AP são características sensíveis à variabilidade em condições ambientais, que variam consoante local e ano de plantio. Logo, a mesma cultivar pode apresentar desempenhos distintos a depender dos fatores edafoclimáticos aos quais for exposta (ERDURMUS et al., 2021). Por esse motivo, é válido afirmar que o IPA-SF-15 não expressou todo o seu potencial genético perante às condições ambientais sob as quais foi cultivado.

Embora não tenha atingido a AP esperada, o IPA-SF-15 se sobressaiu ao BRS-Ponta Negra (Tabela 3), assim como previsto. Esse contraste ocorreu em decorrência das diferentes aptidões das cultivares. Por se tratar de uma cultivar sacarina/forageira, o IPA-SF-15 tende a ser mais alta do que variedades graníferas (BRS-Ponta Negra), pois sua principal finalidade é a produção de forragem, seja ela usada para pastejo, produção de feno ou silagem (BEAN et al., 2013).

Além disso, variedades sacarinas/forageiras normalmente apresentam colmos mais calibrosos que variedades graníferas, já que o DC apresenta relação direta com a produção de caldo, (CAVALCANTE et al., 2017). No entanto, esse comportamento não foi observado nos resultados deste experimento, pois o DC do IPA-SF-15 e do BRS-Ponta Negra não diferiram (Tabela 3).

A similaridade no DC nas variedades BRS-Ponta Negra e IPA-SF-15 é aceitável, pois o IPA-SF-15 também não atingiu a AP geralmente apresentada em cultivares sacarinas. Caso contrário, o colmo de baixo calibre seria desvantajoso, já que o DC maior é importante para evitar o acamamento da planta, ao qual, segundo Cavalcante et al. (2017), variedades sacarinas são propensas devido ao porte alto, além de produzirem panículas com grãos no ápice, o que aumenta o peso na extremidade da planta.

A susceptibilidade ao tombamento pode estar relacionada, ainda, ao elevado tamanho de panícula geralmente apresentado por plantas das variedades sacarinas (ROMAGNOLI et al., 2020). Panículas com essa característica foram observadas no IPA-SF-15, que se destacou com o maior CP (Tabela 3). Entretanto, isso não foi observado no BRS-506.

O BRS-506 apresentou o menor desempenho não apenas no porte da panícula, mas também na AP e DC (Tabela 3). Esse comportamento apresentado pelo BRS-506 é fortuito, pois presumia-se similaridade entre ele e o IPA-SF-15, por se tratarem de variedades de mesma aptidão. Esses baixos valores apresentados pelo BRS-506 resultaram da sua precocidade na estabilização das características biométricas. O DC, por exemplo, segundo Larue et al. (2019), teria sido maior se o tempo para estabilização tivesse sido mais longo, assim como no IPA-SF-15.

Provavelmente, os resultados contraproducentes apresentados pelo BRS-506, incluindo a precocidade, correlacionaram-se negativamente com perfilhamento da planta, já que o BRS-506 obteve o maior NPV (Tabela 3) e os menores valores das demais variáveis nas quais o IPA-SF-15 se destacou. Nessa linha, segundo Coelho et al. (2015), o perfilhamento ocasionou sombreamento das folhas na planta mãe e competição de nutrientes e água no solo, o que provocou, segundo Larue et al. (2019), forte impacto sobre o desenvolvimento da planta principal.

É válido destacar que, embora no período 75-90 dias pós-semeadura tenha ocorrido crescimento acentuado no número de perfilhos vivos em todas as variedades (Figura 6), inclusive no IPA-SF-15, no fim do ciclo, o BRS-506 obteve maior NPV. Esse destaque obtido pelo BRS-506 justifica-se por essa variedade ter apresentado a taxa de perfilhamento e/ou vitalidade dos perfilhos maior em relação ao IPA-SF-15. Isso ocorreu porque, segundo Coelho et al. (2015) o colmo principal do IPA-SF-15 exerceu dominância apical e limitou/inibiu o desenvolvimento dos caules secundários.

A dominância apical no perfilhamento é hierarquicamente relacionada à idade do caule. A haste da planta principal apresenta efeito limitante/inibitório sobre o aproveitamento de nutrientes pelas gemas laterais e utiliza-os para desenvolvimento próprio. Portanto, isso desfavorece o desenvolvimento de caules mais jovens. Essa hierarquia, porém, é determinada por fatores genéticos (LARUE et al. (2019)). Por isso há variedades em que não ocorre a dominância apical, como no BRS-506.

Nessa linha, o BRS-506 é pré-disposto ao perfilhamento, e sua plasticidade morfológica é, ainda, influenciada pelo ambiente (PINHEIRO et al., 2015), como o espaçamento de plantio. Quando cultivada em espaçamento superior a 0,5 m, como ocorreu neste experimento (0,75 m), as plantas tornam-se mais expostas à luz e, estrategicamente, realizam um efeito de compensação de suporte (FIORINI et al., 2017). Logo, as plantas emitem perfilhos para compensar a baixa densidade de plantas no estande (SILVA et al., 2023).

O efeito compensatório do perfilhamento (FIORINI et al., 2017) refletiu-se no NFVT na variedade BRS-506 (Tabela 3), que não diferiu das demais variedades, embora essa cultivar tenha apresentado o menor NFVC (Tabela 3). Isso justifica-se porque o BRS-506 apresentou o maior NPV e o maior NFVP (Tabela 3), o que contribuiu no NFVT, que foi de 14,12 folhas. Esse quantitativo de folhas é considerado normal, já que a produção de folhas, segundo Silva et al., (2021) varia de sete a trinta folhas. Todavia, esse resultado teria sido maior, se não tivesse ocorrido redução no NFVC na quinzena anterior ao corte.

A redução no NFVC ocorreu devido à mortalidade de folhas se sobressair à emissão no período 105-120 dias. Nesse período, não ocorreu mais emissão de folhas, pois, conforme Coelho et al. (2015), a produção de folhas se restringe ao período vegetativo da planta, cujo fim normalmente ocorre 30 dias após sua emergência. Todavia, esse período é variável conforme características genéticas da cultivar, além de, segundo Alves et al. (2020), condições ambientais.

Além das diferenças nas características morfológicas entre as variedades de sorgo, o sistema de cultivo influenciou a arquitetura das plantas, como o NFVT (Tabela 3), que foi elevado pelo sistema consorciado. Isso se deve ao incremento do consórcio sobre o NFVP, o que, por sua vez, foi efeito direto da elevação do NPV no consórcio (Tabela 3).

A elevação do perfilhamento no consórcio ocorreu porque o consórcio palma-sorgo aumentou a densidade do dorsel, portanto a cobertura do solo. Isso diminuiu a perda de água

por evapotranspiração e elevou o armazenamento de água no solo (ALVES et al., 2020), consequentemente a absorção de nutrientes, o que influenciou a síntese de novos tecidos na planta (COELHO et al., 2015).

Entre os principais nutrientes importantes para a planta, cita-se o nitrogênio (N). As plantas utilizam N para sintetizar várias moléculas biológicas importantes para o seu desenvolvimento, como proteínas e ácidos nucleicos (WHITE et al., 2015). Quando associado à água, esse macronutriente eleva o desenvolvimento das forrageiras (MEURER et al., 2019). Por isso que o efeito do consórcio no BRS-Ponta Negra e no IPA-SF-15 foi observado a partir dos 75 dias pós-semeadura (Figura 6). Esse período coincidiu com a realização da adubação nitrogenada na cultura. Logo, as plantas tiveram no consórcio, água e nitrogênio que favoreceram o perfilhamento.

Vale ressaltar, que, no período 75-90 dias, no BRS-506 o incremento de nitrogênio influenciou elevação do perfilhamento nos dois sistemas de plantio (Figura 6). Logo, a baixa umidade no monocultivo não limitou o perfilhamento nessa variedade, o que possivelmente esteve relacionado à sua pré-disposição genética ao perfilhamento.

No BRS-506, a diferença no NPV entre os sistemas de cultivo surgiu a partir dos 105 dias pós-semeadura (Figura 6). Entretanto, isso não indica que não houve emissão de perfilhos nas plantas em monocultivo no período 90-105 dias. Possivelmente ocorreu emissão associada a uma maior taxa de mortalidade, pois segundo Larue et al. (2019), os perfilhos, especialmente os jovens, são sombreados pela planta, o que favorece a mortalidade. Isso impossibilitou que o NPV no monocultivo e consórcio se mantivesse similar até o fim do ciclo.

Malgrado o sistema de cultivo tenha alterado a morfologia das plantas ao influenciar na produção de perfilhos e de folhas (Tabela 3), não foi observado efeito da configuração de plantio sobre a PMV e a PMS (Tabela 3). A estabilidade nesses parâmetros produtivos demonstra que a competição interespecífica favorecida pelo adensamento de plantas no consórcio não prejudicou o rendimento produtivo da cultura do sorgo (BEZERRA et al., 2022).

Nota-se que a PMV e a PMS não diferiram, também, entre as variedades de sorgo (Tabela 3), não obstante o IPA-SF-15 tenha se destacado com os maiores valores de AP e DC, variáveis com forte impacto sobre o rendimento de biomassa (CAVALCANTE et al., 2017). Nesse caso, embora as variedades de sorgo tenham diferido nos valores de AP e DC, o que - a princípio - teria ocasionado diferença no desempenho produtivo entre as cultivares, as

variedades também diferiram em outras variáveis morfológicas, como no perfilhamento, o que possibilitou que o sorgo com os menores valores de AP e DC (BRS-506) tenha obtido produtividade equivalente à cultivar de maior porte. Isso é, o destaque dessa variedade no perfilhamento provocou efeito compensatório sobre o seu menor porte. A compensação na produtividade também se aplica ao BRS-Ponta Negra, que ao passo que foi igual ao IPA-SF-15 no DC, obteve AP similar ao BRS-506, e a produção de perfilhos não diferiu das demais variedades, assim como os valores de PMV e PMS (SILVA et al., 2023).

De forma geral, os valores de PMV e de PMS obtidos nesta pesquisa foram baixos, haja vista que sorgos com aptidão forrageira podem atingir PMV que variam de 27.130 kg.ha⁻¹ a 52.070 kg.ha⁻¹ (MOURA et al., 2016) e PMS que alcançam 12.400 kg.ha⁻¹ (OTT et al., 2018) e 24.530 kg.ha⁻¹ (ROSA et al., 2022). O baixo rendimento das variedades resultou de diferentes fatores, como da privação de condições ambientais favoráveis para o seu maior desempenho. Possivelmente, segundo Coelho et al. (2015), a ausência de fatores nos quais o sorgo é exigente, como a disponibilidade de nitrogênio, afetou o desenvolvimento da planta na primeira fase do ciclo (EC1), quando há rápido alongamento do caule.

Além disso, o excesso de água durante o ciclo do sorgo possivelmente interferiu no desenvolvimento das variedades. Plantas de sorgo são pouco exigentes em água, desenvolvem-se bem com precipitação anual no íterim de 400 a 750 mm, valores abaixo do observado nos quatro meses de duração do ciclo nesta pesquisa. Em apenas quatro meses, o acumulado de chuva foi de 850,90 mm (Figura 2). Desse total, 790,90 mm concentraram-se nos primeiros 60 dias do ciclo produtivo (JARDIM et al., 2020).

4.1.2 Palma forrageira

O consórcio com as variedades de sorgo não afetou os caracteres morfológicos da palma forrageira e, por isso, não limitou a sua PMV nem a sua PMS, que foram iguais à observada no monocultivo (Tabela 4). Variáveis como a AP e a LP são diretamente influenciadas pelo quantitativo e biometria dos cladódios. Estes dois fatores apresentam correlação positiva com o índice de área de cladódio (IAC), que está diretamente relacionado com a capacidade fotossintética da planta e, por sua vez, com seus índices produtivos (LIRA et al., 2021). Logo, como o sistema de cultivo não alterou os caracteres morfológicos da planta, a produtividade da palma forrageira não foi afetada pela configuração de plantio.

A estabilidade nos parâmetros morfológicos ocorreu porque, em sistema de consórcio com culturas anuais, a palma forrageira é a cultura dominante. Com isso, a introdução da cultura secundária, leia-se o sorgo, não interferiu no seu desenvolvimento. Isso demonstra a habilidade competitiva intraespecífica da palma forrageira no consórcio. Essa habilidade de competição por fatores abióticos permite avaliar a eficiência biológica da configuração de consórcio sorgo-palma, que é considerado eficiente (BEZERRA et al., 2022). Nesse contexto, a configuração de consórcio sorgo-palma mostrou-se com potencial para aumentar a oferta de forragem em condições de sequeiro (JARDIM et al., 2020), pois, além de possibilitar um cultivo extra com a cultura do sorgo, não afetou os parâmetros produtivos da palma forrageira.

Vale ressaltar que, de forma geral, a AP e a LP (Tabela 4) obtidas neste experimento foram baixas, o que está relacionado à precocidade da colheita (245 dias pós-corte), pois o clone Orelha-de-Elefante-Mexicana, se colhido próximo a um ano de ciclo (330 dias pós-corte), pode apresentar AP de 83 cm e LP de 104,70 cm (RAMOS et al., 2021). Ademais, embora o CMC, a LMC e o PMC (Tabela 4) sejam inferiores aos obtidos por Ramos et al. (2021), a EMC (Tabela 4) foi maior que a obtida por esses autores (0,83 cm), o que pode indicar maior deposição de tecido estrutural nos cladódios da palma deste experimento.

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA VEGETAL

4.2.1 Sorgo

De forma geral, o destaque do BRS-506 nos conteúdos de MS e MM (logo, menor MO) (Tabela 5) está relacionado não apenas com a morfologia do colmo, mas também com a proporção deste na biomassa da cultivar. O destaque no teor de MM, por exemplo, ocorreu porque, conforme Behling Neto et al. (2017), as hastes costumam apresentar diminutos valores de cinzas. Por isso, a menor participação de colmo no BRS-506 resultou em maior concentração de MM. Diante disso, de acordo com Gois et al. (2022), houve menor conteúdo de matéria orgânica.

No mais, a morfologia do colmo, cita-se o calibre, correlaciona-se negativamente com o teor de MS da planta, pois quanto maior o DC, maior o acúmulo de caldo e, conseqüentemente, menor o valor de MS. Em decorrência disso, o menor DC do BRS-506 (Tabela 3) explica por que essa cultivar apresentou o maior teor de MS, enquanto o IPA-SF-15 obteve o menor valor. Vale destacar que o BRS-Ponta Negra não diferiu do BRS-506 ao mesmo

tempo que não diferiu do IPA-SF-15 nos teores de MS, MM e MO porque, ao mesmo tempo em que obteve colmo tão calibroso quanto o IPA-SF-15, o comprimento da sua haste foi tão pequeno quanto o colmo do BRS-506 (CAVALCANTE et al., 2017). Portanto, houve menor participação de haste no BRS-Ponta Negra.

Destaca-se que o teor de MS de todas as variedades foi elevado (Tabela 5), especialmente se a finalidade da forragem for a produção de silagem, pois, para esta, o conteúdo ideal de MS do sorgo deve estar entre 300 e 350 g/kg MN (GOIS et al., 2022). Valores além desse nível ideal dificultam a compactação do material, o que favorece a entrada de ar e a fermentação inadequada. Como reflexo disso, há produção de silagem de qualidade inferior (TOLENTINO et al., 2016).

Os resultados elevados de MS encontrados nesta pesquisa estão associados à duração do ciclo, pois quanto mais tardiamente ocorrer a colheita, o teor de MS tende a aumentar em decorrência do maior amadurecimento da planta. Por esse motivo, variedades forrageiras e de duplo propósito tendem a apresentar maiores teores de MS, em decorrência do ciclo mais longo (MACEDO et al., 2018).

Nessa perspectiva, como as variedades utilizadas neste experimento não expressaram todo o seu potencial genético, já que não atingiram o porte esperado para as cultivares, a antecipação do corte provavelmente teria reduzido o teor de MS a níveis satisfatórios. O momento mais favorável para o corte seria aos 105 dias, pois as plantas já tinham atingido os máximos valores de AP e DC (Figura 4).

Enquanto o teor de MS foi elevado, o teor de PB apresentado pelas variedades de sorgo foi baixo (Tabela 5). Plantas de sorgo podem alcançar valores de PB que oscilam entre 61,1 e 113,2 g/kg /MS, no primeiro ciclo, e entre 77,6 e 117,1 g/kg MS, no segundo ciclo (BEHLING NETO et al., 2017). Valores de PB abaixo de 70g/kg MS não fornecem nitrogênio suficiente para a manutenção da fermentação microbiana ruminal (TOLENTINO et al. (2016). Possivelmente, o baixo teor de PB obtido neste estudo esteja relacionado à deficiência de N nos primeiros 60 dias do ciclo.

Por outro lado, os teores de FDN e FDA (Tabela 5) foram altos, especialmente a FDA, a qual incrementou ligeiramente a FDN deste estudo. Geralmente, com MS dentro dos níveis ideais outrora citados (346,00 g/kg MN), o sorgo apresenta aproximadamente 517,00 g/kg MS de FDN e 303,00 g/kg MS de FDA (TABOSA et al., 2020).

Os elevados teores de fibra obtidos neste estudo, especialmente o de FDA, são advindos das vultuosas frações de CEL e LDA (Tabela 5). Normalmente, sorgos forrageiros apresentam cerca de 219,30 g/kg MS de CEL e 55,00 g/kg MS de LDA. Atrelado aos elevados valores dessas frações, foi obtido baixo teor de HEM, que, via de regra, é em torno de 246,20 g/kg MS (GOIS et al., 2022).

Os destaques nos valores de CEL, sobretudo de LDA, estão associados à longa duração do ciclo das plantas. A maturidade da planta apresenta correlação positiva com a lignificação. Com efeito, isso influencia o aproveitamento de nutrientes pelo animal (TOLENTINO et al., 2016), já que o teor de LDA apresenta correlação negativa com a digestibilidade (MORAES; NOVAES & FERREIRA, 2020).

O teor de LDA interfere na digestibilidade por ser uma fração da parede celular que não é digestível ao longo do trato gastrointestinal do animal (BEHLING NETO et al., 2017). Concentrações de 54,5 g/kg MS de LDA, praticamente a metade do valor obtido neste estudo, comprometem mais de 30 % da digestibilidade do sorgo, já que essas plantas apresentam 74,18% de digestibilidade (TOLENTINO et al., 2016).

Provavelmente a antecipação da colheita para o período de 105 dias teria atenuado os altos níveis de fibra das plantas, substancialmente a fração de LDA, porquanto a maturidade da planta seria menor. Por conseguinte, a lignificação. Além disso, como Behling Neto et al. (2017) afirmam que o teor de fibra no sorgo é influenciado pela relação folha:caule, aumentar a proporção de folhas diminuiria a proporção de colmo, fração que mais contribui para elevar o teor de fibra da forrageira.

Por conseguinte, antecipar a colheita para os 105 dias pós-semeadura tenderia a diminuir os níveis de fibra das plantas, haja vista que seriam preservadas mais folhas vivas no colmo (Figura 5). Essa preservação estaria associada à menor mortalidade de folhas, pois quanto maior a duração do ciclo, Rosa et al. (2022) relatam que maior é a mortalidade de folhas, especialmente as mais baixas, pois estão sob sombreamento intenso.

De todas as variáveis químico-bromatológicas avaliadas, apenas as MS, MM e MO foram influenciadas pelo sistema de cultivo (Tabela 5). O consórcio reduziu o conteúdo de MS nas cultivares de sorgo ao favorecer maior absorção e armazenamento de água nas plantas. Essa maior absorção de água ocorreu porque, segundo Alves et al. (2020), o consórcio sorgo-palma elevou a umidade do solo. No mais, essa maior umidade favoreceu não apenas absorção hídrica,

como também de nutrientes, o que explica a elevação no conteúdo de MM e a redução no teor de MO nas variedades de sorgo do consórcio.

4.2.2 Palma forrageira

Por não ter influenciado a morfologia da planta, o consórcio não influenciou na composição químico-bromatológica da palma forrageira. Esta, de forma geral, apresentou baixo teor de MS (Tabela 6), o que é característica dessa planta. Isso ocorre em virtude do alto conteúdo de água nos cladódios (MAGALHÃES et al., 2021a). Por esse motivo, quando usada como ingrediente na dieta, a palma forrageira pode atender grande parte da demanda de água dos animais (MAGALHÃES et al., 2021b). Há redução de 70 a 90% do consumo de água via bebedouro (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013). Apesar dessa vantagem, o elevado conteúdo hídrico limita a ingestão de MS, por isso palma forrageira não deve ser o ingrediente exclusivo a compor a dieta dos ruminantes.

O conteúdo de MM (Tabela 6) também está dentro dos valores normalmente observados na palma forrageira. O teor de MM costuma variar de 86,00 g/kg MS (MONTEIRO et al., 2019) a 159,70 g/kg MS. São valores considerados altos, outro destaque da palma (MAGALHÃES et al., 2021a), especialmente em cladódios jovens, como neste experimento. E embora o conteúdo de MM tenda a diminuir com o avanço da maturidade do cladódio (NAOREM et al., 2022), ele permanece alto (MAGALHÃES et al., 2021a).

Também foi alta, em ambas as configurações de plantio, a concentração de PB (Tabela 6), pois geralmente o teor de PB varia entre 35,80 g/kg MS (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021) e 55,00 g/kg MS (MONTEIRO et al., 2019). O vultoso teor de PB obtido nesta pesquisa está associado à idade do cladódio, porquanto o conteúdo de PB normalmente é mais elevado em cladódios jovens.

De maneira distinta, o teor de CHO foi menor do que o encontrado por Santos et al. (2018) (780 g/kg MS), o que é resultado da menor idade da planta deste experimento, pois o acúmulo de carboidratos aumenta à medida que a planta amadurece. Apesar de mais discreto, o valor de CHO é considerado elevado, o que é comum da palma forrageira. Por esse motivo, a palma é um alimento altamente energético e sua inclusão na dieta pode substituir ingredientes concentrados usados na formulação de dietas para ruminantes (ROCHA FILHO et al., 2021).

O teor médio de EE observado (Tabela 6) está dentro dos padrões típicos da palma forrageira. O teor de EE geralmente oscila entre 8,0 g/kg MS (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021) e 27 g/kg MS (SANTOS et al., 2018) e engloba diferentes substâncias, como ceras que encobrem a superfície dos cladódios e protege os caules da incidência direta da radiação solar, funcionando como estratégia adaptativa às condições de semiaridez (MOREIRA et al., 2018).

Os teores de FDN e FDA (Tabela 6) obtidos neste experimento são aceitáveis, pois o conteúdo de FDN pode variar entre 161,60 g/kg MS (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021) e 394,20 g/kg MS (GÓES NETO et al., 2021), e o de FDA varia entre 121,80 g/kg MS (GÓES NETO et al., 2021) e 218,00 g/kg MS (SANTOS et al., 2018), a depender das condições plantio nas quais a planta foi cultivada. Os teores de FDN e de FDA são diretamente influenciados pela morfologia da planta, já que carboidratos fibrosos compõem tecidos de sustentação, que são investidos no desenvolvimento da planta (PESSOA et al., 2020). Neste caso, como o consórcio não influenciou a morfologia, a deposição de HEM, CEL e LDA não foi afetada, portanto as frações de FDN e de FDA não foram alteradas.

5.0 CONCLUSÃO

Por conseguinte, em condições de sequeiro, as variedades de sorgo BRS-Ponta Negra, IPA-SF-15 e BRS-506 apresentaram a mesma capacidade produtiva, além de qualidade nutricional similar. Dessa forma, elas mostraram-se com potencial análogo para assegurar forragem aos animais no Semiárido.

Além disso, o consórcio possibilitou o cultivo simultâneo de sorgo entre os ciclos da palma forrageira sem comprometer a produção e o valor nutritivo das culturas. Assim sendo, ele aumentou a produção de forragem por área, otimizando o uso da área para a produção de pasto.

O consórcio sorgo-palma, pois, é uma opção para atenuar a baixa oferta de forragem em períodos de estiagem no Semiárido. Com efeito, ele mostra-se com potencial para contornar a instabilidade na produção animal na região.

6.0 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Monitoramento pluviométrico, 2022.

ALVES, C. P.; SILVA, T. G. F.; ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, L. S. B.; CRUZ NETO, J. F.; SANTOS, J. P. A. S. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.347-356, 2020.

AOAC, 1990. International Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists Ed. AOAC, Arglington, USA, 745 p.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, M. S.; ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, J. P. A. S.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, C. P.; ALVES, H. K. M. N. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v. 80, p. 1-12, 2021.

BARBOSA, V. V.; SOUZA, W. M.; GALVÍNIO, J. D.; COSTA, V. S. O. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v. 9, n. 2, p. 353-367, 2016.

BARROS, A. H. C.; SILVA, A. B. Clima. In: TABOSA, J. N. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. Recife: UFRPE. v. 20, n. 2, 2020.

BEAN, B. W.; BAUMHARDT, R. L.; McCOLLUM III, F. T.; McCUISTION, K. C. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. **Field Crops Research**, v. 142, p. 20-26, 2013.

BEHLING NETO, A.; REIS, R. H. P.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUSA, D. P.; SOUSA, F. G. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 3, p. 288-299, 2017.

BEZERRA, R. C. A.; SANTOS, A. R. M.; CORDEIRO, L. R. B. A.; SOUZA, J. C. G.; NASCIMENTO, D. B.; NOGUEIRA, J. C.; CALAÇA, J. S. G.; FONSÊCA, G. R. F.; LUCENA, L. R. R.; LEITE, M. L. M. V. Biological efficiency indicators and competitive ability in intercropped systems of xerophilous forage plants: a review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p.1-13, 2022.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. F. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CAVALCANTE, T. J.; GIONGO, P. R.; BARBOSA, K. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, L. F.; RODRIGUES, A. A.; VITAL, R. G. Agronomic characteristics of cultivating sweet sorghum at different times in Goiás Southwest region. **Espacios**, v. 38, n. 46, p. 26-36, 2017.

COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; MENEZES, C. B. et al. **Cultivo de sorgo: sistemas de produção**, 2. EMBRAPA, 9ª ed, 2015.

COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; PINTO, A. P. A pecuária como estabilizadora no Semiárido brasileiro. **Revista Veterinária e Zootecnia**. v. 20, n. 3, p. 9-17, 2013.

CRUZ, R. I. F.; SILVA, L. F. V.; PINTOS, A. A.; PINTO, L. A.; CAMARA, F. T. Production of sacarine sorghum brs 506 in function of the management of fertilization, cutting time for harvesting and irrigation. **Agri-Environmental Sciences**, v. 7, p. 1-10, 2021.

DINIZ, W. J.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. SANTOS, D. C; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.52, p.724-733, 2017.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, p. 29-40, 2013.

EKEFRE, D. E.; MAHAPATRA, A. K.; LATIMORE JÚNIOR, M.; BELLMER, D. D.; JENA, U.; WHITEHEAD, G. J.; WILLIAMS, A. L. Evaluation of three cultivars of sweet sorghum as feedstocks for ethanol production in the Southeast United States. **Elsevier**, v. 3, n. 12, p. 1-18, 2017.

ERDURMUS, C.; ERDAL, S.; OTEN, M.; KIREMITSI, S.; UZUN, B. Investigation of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes for Yield and Yield Components. **Maydica**, v. 66, n. 2, p. 1-13, 2021.

FIORINI, I. V. A.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, H. D.; MORAES, J. P. M.; SANTOS, J. P. R.; BORGES, I. D.; PIRES, L. P. M. Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 4, p. 33-46, 2017.

GÓES NETO, P. E.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M.; MELO, A. A. S.; LIMA, G. F. C.; CARDOSO, D. B.; SILVA, H. P. Native and introduced forage cactus in Saanen dairy goat diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.43, p.1-7, 2021.

GOIS, G. C.; MATIAS, A. G. S.; ARAÚJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S.; SIMÕES, W. L.; LISTA, F. N.; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, T. S.; MAGALHÃES, A. L. R.; SILVA, J. K. B. Nutritional and fermentative profile of forage sorghum irrigated with saline water. **Biological Rhythm Research**, v. 53, n. 2, p. 246-257, 2022.

GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E.; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, n. 5, p. 461-465, 2016.

JARDIM, A. M. D. R. F.; SILVA, B. T. G. F.; SANDRA, L.; SOUZAB, B.; SOUZAC, M. S. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 5, n.1, p. 69-87, 2020.

KNUPP, L. S.; CARVALHO, F. F. R.; CANNAS, A.; MARCONDES, M. I.; SILVA, A. L.; FRANCESCONI, A. H. D.; CRUZ, G. R. B.; ATZORI, A. S.; GASPAR, G.; COSTA, R. G. Meta-analysis of spineless cactus feeding to meat lambs: performance and development of

mathematical models to predict dry matter intake and average daily gain. **Animal**. v. 13, n. 10, p. 2260-2267, 2019.

LARUE, F.; FUMEY, D.; ROUAN, L.; SOULIÉ, J. C.; ROQUES, S.; BEURIER, G.; LUQUET, D. Modelling tiller growth and mortality as a sink-driven process using Ecomeristem: implications for biomass sorghum ideotyping. **Annals of Botany**, v. 124, p. 675-690, 2019.

LEITE, J. R. A.; SALES, E. C. J.; MONÇÃO, F. P.; GUIMARÃES, A. S.; RIGUEIRA, J. P. S.; GOMES, V. M. Nopalea cactus pear fertilized with nitrogen: morphometric, productive and nutritional characteristics. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, p. 1-8, 2018.

LIRA, E. C.; ARAÚJO, J. S.; FÉLIX, E. S.; NASCIMENTO, G. V.; OLIVEIRA FILHO, T. J.; SOUZA, J. T. A.; PEREIRA, D. D. Produtividade de culturas anuais em sistema de consórcio com a palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). **Holos**, v. 2, p. 1-12, 2021.

MACEDO, A. J. S.; RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SOUSA, W. H.; OLIVEIRA, F. G.; SOUZA, J. T. A.; ORESCA, D. Morphometric and productive characteristics of sorghum genotypes for forage production in the Brazilian Semi-arid. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 3, p. 256-267, 2018.

MAGALHÃES, A. L. R.; SOUSA, D. R.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S.; GOIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; SANTOS, K. C.; NASCIMENTO, D. B.; OLIVEIRA, L. P. Intake, digestibility and rumen parameters in sheep fed with common residue and cactus pear. **Biological rhythm research**. v. 52, n. 1, p. 136-145, 2021b.

MAGALHÃES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; OLIVEIRA, L. P.; GÓIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; ANDRADE, A. P.; MELO, A. A.; NASCIMENTO, D. B.; SILVA, W. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, cinética da degradação ruminal e produção de gás in vitro de genótipos de palma forrageira. **Ciência Animal Brasileira**. v. 22, p. 1-19, 2021a.

MEURER, K. H. E.; BOLINDER, M. A.; HANSSON, A. C.; PETTERSSON, R.; KATTERER, T. Shoot and root production in mixed grass ley under daily fertilization and irrigation: validating the N productivity concept under field conditions. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 115, p. 85-99, 2019.

MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; GUIDO, S. I.; ALMEIDA, M. P.; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, n.3, p.479-485, 2019.

MOREIRA, A. R.; SOUZA, F. L.B.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA, R. L. L.; ALONÇO, A. S.; SOUZA, L. C.; CARPES, D. P. Determinação do turno de rega para a produção de mudas de pitaia em ambiente protegido. **Tecno-lógica**, v. 22, n. 1, p. 73-77, 2018.

MOURA, M. M. A.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; SALES, E. C. J.; COSTA, R. F.; TOLENTINO, D. C. Chemical composition of sorghum genotypes silages. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 369-373, 2016.

NAOREM, A.; LOUHAICHI, M.; HASSAN, S.; SARKER, A.; UDAYANA, S. K.; JAYARAMAN, S.; PATEL, S. Does Maturity Change the Chemical-Bromatological Makeup of Cladodes in Spineless Forage Cactus? **Sustainability**, v. 14, n. 18, p. 1-14, 2022.

OTT, L. C.; SCHAFHAUSER JÚNIOR, J.; BORTOLINI, F.; SILVA, J. L. S.; ROSA, P. P.; RÖSLER, D. C.; VALGAS, R. A.; SOUZA, A. P. B. Avaliação agronômica de genótipos de sorgo para produção de silagem. **Revista Eletrônica De Veterinária**. v. 19, n. 5, p. 1-8, 2018.

PESSOA, D. V.; ANDRADE, A. P.; MAGALHÃES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; SANTOS, D. C.; ARAÚJO, G. G. L.; MEDEIROS, A. N.; NASCIMENTO, D. B.; VALENÇA, R. L.; CARDOSO, D. B. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**. v. 181, p. 1-8, 2020.

PINHEIRO, A. A.; CECATO, U.; D'ALMEIDA LINS, T. BELONI, T. KRUTZMANN, A. IWAMOTO, B. S.; MARI, G. C. Accumulation and forage morphological composition of tanzania grass fertilized with nitrogen or intercropped with campo grande stylosanthes. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 850-858, 2015.

PORFÍRIO, M. G.; NERES, M. A.; FUHR, C. A.; SILVA, T. H.; GUIMARÃES, I. C. S. B. Effects of row spacing and planting density of forage sorghum on dry matter yield, morphologic parameters, nutritive value, and predicted milk yield of dairy cows. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-13, 2021.

RAMOS, J. P. F.; MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; EDVAN, R. L.; SOUSA, W. H.; PERAZZO, A. F.; SILVA, A. S.; CARTAXO, F. Q. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 43, p. 1-11, 2021.

ROCHA FILHO, R. R.; SANTOS, D. C.; VÉRAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; NOVAES, L. P.; MORA-LUNA, R.; MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**. v. 186, 2021.

ROMAGNOLI, M. J.; FREITAS, R. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; BORGES, W. L. B.; PEREIRA, A. J.; ZOZ, A. Planting season on sorghum cultivars of saccharine. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 9, p.72484-8761, 2020.

ROSA, M. A. B.; TARDIN, F. D.; SOUZA, J. M.; S.; SANTOS, J. A. P.; MACEDO, T. F.; SANTOS, J.; FREITAS, M. H.; TODESCATTO, F.; PARELLA, R. A. C.; FIGUEIREDO, J. E. F.; BEHLING NETO, A.; PEREIRA, D. A. Characterization of forage, sweet and biomass sorghum for agronomic performance and ensilability. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**. v. 21, p. 1-22, 2022.

SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Production of Spineless Cactus in Brazilian Semiarid. In: EDVAN, R. L.; BEZERRA, L. R. **New perspectives in forage crops**. London, UK: IntechOpen Ltd, 2018.

SANTOS, R. D.; NEVES, A. L. A.; SANTOS, D. C.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; FERREIRA, A. L.; SOLLENBERGER, L. E. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas production potential of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The Journal of Agricultural Science**. v. 156, n. 3, p. 450-456, 2018.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G.V.; BONNECARRERE SANCHEZ, L.M.; MESQUITA, F.R.; ALVES, T.P.; CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science Technology**. v.146, p.169-174. 2008.

SILVA, GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Morphological characteristics, genetic improvement and planting density of sorghum and corn crops: a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 1-9, 2021.

SILVA, T. G. F.; JARDIM, A. M. R. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, L. S. B.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, G. I. N.; ALVES, K. P.; SOUZA, C. A. A.; MARAIS, J. E. F. Profitability of using irrigation in forage cactus-sorghum intercropping for farmers in semi-arid environment1. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v. 27, n. 2, p. 132-139, 2023.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Delimitação do Semiárido. Relatório final, 2021.

TABOSA, J. N.; TAVARES, J. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; FERRAZ, I.; OLIVEIRA, L. R.; DIAS, F. M.; SIMPLÍCIO, J. B.; TAVARES FILHO, J. J.; ARAÚJO, E. R.; REGINATO NETO, A. Sistema de Produção. In: TABOSA, J. N. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. Recife: UFRPE. v. 15, n. 2, 2020.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. A. S.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. B.; MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016.

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

WANG, J. et al. Evapotranspiration, crop coefficient and yield for drip-irrigated winter wheat with straw mulching in North China Plain. **Field Crops Research**, v. 214, n. 1, p. 218-228, 2017.

WHITE, J. F.; CHEN, Q.; TORRES, M. S.; MATTERA, R.; IRIZARRY, I.; TADYCH, M.; BERGEN, M. Collaboration between grass seedlings and rhizobacteria to scavenge organic nitrogen in soils. **AoB Plants**, v. 7, n. 93, p. 1-11, 2015.