

AGDA RAIANY MOTA DOS SANTOS

DINÂMICA DE CRESCIMENTO E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE
UNIDADES PRODUTIVAS COM FORRAGEIRAS DAS FAMÍLIAS POACEAE,
FABACEAE, EUPHORBIACEAE E MORINGACEAE

Serra Talhada-PE

2023

**S
A
N
T
O
S**

**A
R
M**

**D
I
N
Â
M
I
C
A**

**D
E**

**C
R
E
S
C
I
M
E
N
T
O**

**·
·
2
0
2
3**

AGDA RAIANY MOTA DOS SANTOS

DINÂMICA DE CRESCIMENTO E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE
UNIDADES PRODUTIVAS COM FORRAGEIRAS DAS FAMÍLIAS POACEAE,
FABACEAE, EUPHORBIACEAE E MORINGACEAE

Dissertação à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. DSc. Thieres George Freire da Silva Co-orientador: DSc. José Edson Florentino de Moraes; DSc. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite.

Serra Talhada-PE

2023

AGDA RAIANY MOTA DOS SANTOS

DINÂMICA DE CRESCIMENTO E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE
UNIDADES PRODUTIVAS COM FORRAGEIRAS DAS FAMÍLIAS POACEAE,
FABACEAE, EUPHORBIACEAE E MORINGACEAE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 27/07/2023

Banca Examinadora

Prof. DSc. Thieres George Freire da Silva – UAST/UFRPE
Orientador

Prof. DSc. Vicente Imbroisi Teixeira, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE
Examinador Externo

DSc. Fleming Sena Campos, Pesquisador, Universidade Federal do Maranhão,
Chapadinha, MA
Examinador Externo

Dedico aos meus pais Neuza e Antônio por
serem minha fortaleza e por todo amor.
Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, pela saúde e proteção em minha trajetória, por me livrar de todo mal.

Aos meus pais por sempre acreditarem em me, nas minhas escolhas e sempre me incentivarem. Agradeço ao meu irmão por ser minha motivação. Vocês são meu lugar de paz.

Ao meu noivo Kaique por todo o companheirismo, amor e apoio. Você acredita em me quando nem eu mesmo consigo. Obrigada por estar sempre comigo, você é minha inspiração, eu te amo.

Ao meu orientador Thieres George Freire da Silva por toda dedicação a sua profissão, por todos os ensinamentos, pela confiança e por todo o conhecimento destinado a mim.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, e ao Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal.

Ao grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS), por todo suporte, amizade e momentos de descontração, especialmente Franciê, João Pedro, Asheley, Marcelo, Alexandre, Clebinho, Carlos André, Gustavo.

Aos meus amigos Dayane Rodrigues, Edjane, Lady Daiane, Wagner Martins, Mariana, João Vinicius, Jean Carlos, Jeferson Calaça, Gabriel, David Moreira.

Ao meu coorientador José Edson por todo apoio, pelo incentivo, por todos os conselhos. Você é um exemplo de profissional.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE pela concessão da bolsa (IBPG-1312-5.01/21).

RESUMO GERAL

A oscilação na produção de forragem ao longo do ano e principalmente no período de estiagem, causa enormes prejuízos para os pecuaristas em regiões semiáridas, afetando a economia local. Com isso, as diferentes práticas agrometeorológicas buscam contribuir para o aumento do aporte forrageiro das propriedades, ampliando também o equilíbrio nutricional e reduzindo os custos de produção tendo em vista a menor busca por alimentos concentrados. Diante disso, avaliou-se a capacidade de suporte forrageiro de gramíneas e espécies fontes de proteína em função da variação sazonal. Para isso, dois experimentos foram conduzidos durante ciclos consecutivos com dois campos experimentais, sendo o primeiro em blocos casualizados com gramíneas e espécies fontes de proteína, avaliando componentes biométricos e rendimento de forragem e, o segundo em esquema fatorial, onde analisou-se lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100%ET₀) submetidas a capins para pastejo, gramíneas de ensilagem e espécie fonte de proteína, analisando taxas de crescimento e rendimento forrageiro. Houve uma variação nos parâmetros de rendimento em razão da variabilidade sazonal, sendo o capim Tanzânia, o BRS Capiáçu e a Gliricídia as espécies que proporcionaram maiores produtividades, apresentando as maiores viabilidade econômica. O sistema envolvendo Buffel-Sorgo-Feijão guandu foi o mais produtivo. A lâmina de 75%ET₀ favoreceu o rendimento do BRS Kurumi e a de 100% ET₀ do BRS Capiáçu, sendo mais viáveis economicamente. Dessa forma, o estudo das espécies forrageiras mediante as variações sazonais são importantes ferramentas para auxiliar na tomada de decisão e diminuição dos riscos climáticos.

Palavras-chave: Análise econômica, Crescimento, Rendimento, Sazonalidade, Sustentabilidade.

GENERAL SUMMARY

Fluctuations in forage production throughout the year, especially during the dry season, cause huge losses for livestock farmers in semi-arid regions, affecting the local economy. With this in mind, different agro-meteorological practices aim to help increase the forage supply on farms, while also improving nutritional balance and reducing production costs, given that there is less demand for concentrated feed. With this in mind, we evaluated the forage carrying capacity of grasses and protein source species as a function of seasonal variation. To this end, two experiments were conducted during consecutive cycles with two experimental fields, the first in a randomized block design with grasses and protein source species, assessing biometric components and forage yield, and the second in a factorial design, which analyzed irrigation depth (25%, 50%, 75% and 100% ET_0) subjected to grazing grasses, silage grasses, and protein source species, analyzing growth rates and forage yield. There was a variation in yield parameters due to seasonal variability, with Tanzania grass, BRS Capiçu and Gliricídia being the species that provided the highest yields, presenting the greatest economic viability. The system involving Buffel-Sorghum-Grandu beans was the most productive. The 75% ET_0 depth favored the yield of BRS Kurumi and the 100% ET_0 depth favored BRS Capiçu, making them more economically viable. Thus, the study of forage species in the light of seasonal variations is an important tool to help with decision-making and reduce climate risks.

Keywords: Economic analysis, Growth, Income, Seasonality, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1- ASPECTOS NUTRITIVOS E MANEJOS RESILIENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO.....18

Figura 1. Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2017.....22

CAPÍTULO 2- - SUPORTE FORRAGEIRO DE GRAMÍNEAS E DE ESPÉCIES FONTE DE PROTEÍNA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE AMBIENTAL.....59

Figura 1. Delimitação geográfica do estado de Pernambuco, Serra Talhada e localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pela autora, 2023.....64

Figura 2. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Braquiária (A), Buffel (B), Mombaça/Tanzânia (C) e Mix (D) em cada ciclo de condução no semiárido.....69

Figura 3. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Sorgo Ponta Negra (A), Capim Elefante (B), BRS Capiacu (C) e Milho (D) em cada ciclo de condução no semiárido.....70

Figura 4. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Alfafa (A), Gliricídia (B), Moringa (C), Leucena (D) e Feijão-guandu (E) em cada ciclo de condução no semiárido.....70

Figura 5. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), BRS Kurumi (A), Buffel (B), Aruana (C), Sorgo sudão (D), BRS Capiacu (E) e Pornunça (F) em cada ciclo de condução no semiárido.....71

Figura 6. Evapotranspiração de referência [ET₀ (mm dia⁻¹); Radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); Temperatura do ar (° C); Umidade relativa do ar (%); Precipitação pluvial (mm), lâmina irrigação acumulada (mm) para o experimento I, durante o período de outubro de 2020 a março de 2023 e lâminas de irrigação acumuladas (mm) para o experimento II no período de junho de 2022 a março de 2023 em Serra Talhada, PE.....73

Figura 7. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Braquiária em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....78

Figura 8. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Buffel em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....79

Figura 9. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Mombaça em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....80

Figura 10. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Tanzânia em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....81

Figura 11. Rendimento forrageiro e taxa de acúmulo de forragem de mix de capins em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	82
Figura 12. Constituintes biométricos e rendimento de forragem de Sorgo Ponta Negra em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	84
Figura 13. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do BRS Capiáçu em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	85
Figura 14. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do Capim Elefante em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	86
Figura 15. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do Milho em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	87
Figura 16. Constituintes biométricos e rendimento de forragem da Cana-de-açúcar em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	88
Figura 17. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Alfafa em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	89
Figura 18. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Gliricídia em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	90
Figura 19. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Moringa em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	91
Figura 20. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Leucena em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	92
Figura 21. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Feijão-guandu em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.....	93
Figura 22. Índices morfofisiológicos de crescimento do capim Buffel submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).....	95
Figura 23. Índices morfofisiológicos de crescimento do capim Aruana submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).....	97
Figura 24. Índices morfofisiológicos de crescimento do BRS Kurumi submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante três ciclos de condução. Altura de planta (A), (B) e (C); Número de folhas vivas (D), (E) e (F); Número de folhas mortas (G), (H) e (I); Área foliar (J), (K) e (L).....	99

Figura 25. Índices morfofisiológicos de crescimento do BRS Capiçu submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante três ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H)..... 103

Figura 26. Índices morfofisiológicos de crescimento do Sorgo submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H)..... 105

Figura 27. Índices morfofisiológicos de crescimento da Pornunça submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H)..... 107

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- ASPECTOS NUTRITIVOS E MANEJOS RESILIENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO

Tabela 1. Aspectos nutricionais do <i>Braquiária decumbens</i> (<i>Urochloa decumbens</i>) com base na matéria seca.....	23
Tabela 2. Composição química-bromatológica do capim buffel em duas épocas do ano e da planta toda.....	25
Tabela 3. Composição química-bromatológica do capim-Aruana em duas épocas do ano.....	26
Tabela 4. Composição química-bromatológica do capim Mombaça com base na matéria seca.....	26
Tabela 5. Composição química-bromatológica do capim Tanzânia com base na matéria seca.....	27
Tabela 6. Composição química-bromatológica da silagem da cultivar BRS Capiacu.....	28
Tabela 7. Composição química-bromatológica da cultivar BRS Kurumi.....	28
Tabela 8. Características bromatológicas da silagem de milho e sua constituição mineralógica com base na matéria seca.....	29
Tabela 9. Composição química-bromatológica do feno de Sorgo.....	31
Tabela 10. Composição químico-bromatológica da Alfafa com base na matéria seca.....	33
Tabela 11. Composição química-bromatológica da Gliricídia in natura, feno e silagem.....	34
Tabela 12. Composição químico-bromatológica da Leucena com base na matéria seca.....	35
Tabela 13. Composição química-bromatológica da Pornunça.....	38
Tabela 14. Exigências nutricionais de matéria seca, proteína, nutrientes digestíveis totais e extrato etéreo de bovinos em cada etapa produtiva.....	40
Tabela 15. Exigências nutricionais de proteína, nutrientes digestíveis totais e matéria seca de ovinos em cada fase de desenvolvimento.....	41
Tabela 16. Exigências nutricionais de matéria seca, nutrientes digestíveis totais e proteína de caprinos em cada fase de desenvolvimento.....	42

CAPÍTULO 2- - SUPORTE FORRAGEIRO DE GRAMÍNEAS E DE ESPÉCIES FONTE DE PROTEÍNA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE AMBIENTAL

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas de um Cambissolo Háplico na camada de 0,00 – 0,20 metros, localizado em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....	65
---	----

Tabela 2. Descrição das datas de plantio e colheita de leguminosas, capins para pastejo, gramíneas para ensilagem e sistemas consorciados.....	66
Tabela 3. Descrição das datas de plantio e colheita de espécies forrageiras.....	68
Tabela 4. Produtividade de matéria fresca e seca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e taxa de massa de forragem de sistemas produtivos consorciados envolvendo Buffel, Sorgo e Feijão guandu.....	94
Tabela 5. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem gramíneas destinadas ao pastejo, cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois (Buffel e Aruana) e três (BRS Kurumi) ciclos produtivos.....	101
Tabela 6. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem gramíneas destinadas a ensilagem, cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois ciclos produtivos.....	108
Tabela 7. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem de pornunça, cultivada sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois ciclos produtivos.....	109
Tabela 8. Custos ($\text{R\$ ha}^{-1}$) dos equipamentos de irrigação e de implantação do sistema de cultivo de capins para pastejo, gramíneas para ensilagem e Pornunça em diferentes lâminas de irrigação complementar em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro.....	110
Tabela 9. Receita bruta, receita líquida (R\$) e relação benefício/custos de espécies forrageiras submetidas a diferentes lâminas de irrigação complementar em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro.....	111
Tabela 10. Custos ($\text{R\$ ha}^{-1}$) dos equipamentos de irrigação e de implantação do sistema de cultivo de capins para pastejo, gramíneas para ensilagem, espécies fontes de proteína e sistemas consorciados em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro.....	112
Tabela 11. Receita bruta, receita líquida (R\$) e relação benefício/custos de espécies forrageiras em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro.....	113

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: ASPECTOS NUTRICIONAIS E MANEJOS RESILIENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO	18
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. Características edafoclimáticas do semiárido brasileiro	21
3. Manejos agrícolas resilientes para aumentar a capacidade de suporte	23
3.1 <i>Espécies forrageiras cultiváveis no Semiárido.....</i>	23
3.1.1 <i>Braquiária.....</i>	23
3.1.2 <i>Capim Buffel</i>	24
3.1.3 <i>Gênero Panicum (syn. Megathyrsus).....</i>	25
3.1.4 <i>Gênero Penisetum</i>	27
3.1.5 <i>Milho</i>	29
3.1.6 <i>Sorgo forrageiro</i>	30
3.1.7 <i>Cana-de-açúcar</i>	31
3.1.8 <i>Alfafa</i>	32
3.1.9 <i>Gliricídia</i>	33
3.1.12 <i>Leucena.....</i>	34
3.1.11 <i>Moringa</i>	36
3.1.12 <i>Feijão-guandu.....</i>	37
3.1.13 <i>Pornunça.....</i>	38
4.2 <i>Exigências nutricionais</i>	39
4.2.1 <i>Bovinos</i>	39
4.2.2 <i>Ovinos.....</i>	40
4.2.3 <i>Caprinos</i>	41
4.3 <i>Práticas agrometeorológicas.....</i>	42
4.3.1 <i>Espécies adaptadas/tolerantes.....</i>	42
4.3.2 <i>Irrigação complementar</i>	43
4.3.3 <i>Consórcio.....</i>	43
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
6. REFERÊNCIAS.....	45

CAPÍTULO 2- SUPORTE FORRAGEIRO DE GRAMÍNEAS E DE ESPÉCIES FONTE DE PROTEÍNA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE AMBIENTAL... 59

1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAIS E METODOS	63
2.1 <i>Área experimental</i>	63
2.2 <i>Design e tratamentos experimentais</i>	65

2.3 Manejo hídrico e cultural	68
2.4 Coleta de dados.....	72
2.4.1 Dados meteorológicos	72
2.4.2 Análises biométricas e de biomassa.....	73
2.4.3 Viabilidade econômica	75
2.5 Análise de dados e estatística	77
3. RESULTADOS	77
3.1 Rendimento, componentes biométricos e capacidade de suporte do experimento I. 77	
3.1.1 Capins para pastejo	77
3.1.2 Gramíneas para ensilagem.....	83
3.1.3 Espécies fonte de proteína	89
3.2 Taxas de desenvolvimento e rendimento forrageiro do experimento II.....	94
3.2.1 Capins para pastejo	94
3.2.2 Gramíneas para ensilagem e espécie fonte de proteína.....	102
3.3 Viabilidade econômica (Experimento I e II)	109
4. DISCUSSÃO	114
4.1 Índices morfofisiológicos.....	114
4.2 Rendimento de forragem	116
4.3 Viabilidade econômica	121
5. CONCLUSÕES.....	121
6. REFERÊNCIAS.....	123

APRESENTAÇÃO

A atividade agropecuária é extremamente susceptível as mudanças ocorridas nos padrões climáticos, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Em razão da grande oscilação espaço-temporal da precipitação pluvial, as plantas forrageiras perdem tanto em caráter quantitativo como também qualitativo, impactando no desenvolvimento da cadeia produtiva, uma vez que nos períodos de cessamento hídrico elevam-se os teores de lignina, em contrapartida há uma baixa no teor proteico, aceitabilidade e digestibilidade, refletindo no desempenho da cadeia dos ruminantes.

Posto isso, são fundamentais manejos que possibilitem a convivência com o semiárido como incluir plantas forrageiras adaptadas ou tolerantes, além de manejos agrometeorológicos que garantam a sustentabilidade e a possibilidade de maximização da atividade agropecuária. Com isso, inserir na propriedade diferentes grupos de espécies com características complementares como capins para pastejo, gramíneas de ensilagem e espécies fontes de proteína proporcionam a suplementação volumosa, além de reduzir a aquisição com alimentos concentrados que aumentam os custos de produção.

Diversas espécies associadas a manejos hídricos complementares possibilitam contornar os efeitos da sazonalidade. Com isso, o uso do capim Buffel, Braquiária, Mombaça, Tanzânia, Sorgo forrageiro, BRS Capiacu, Gliricídia, Leucena, Pornunça associadas a irrigação podem contribuir com o incremento produtivo, além de garantir dietas mais equilibradas aos ruminantes, já que estas compõem-se de diferentes composições nutritivas. Além disso, a adoção de sistemas consorciados pode otimizar o uso dos recursos como a água, solo e nutrientes, propiciando a complementariedade entre as culturas.

Dessa forma, estudos de diferentes espécies forrageiras associadas a manejos hídricos reduzem os efeitos da sazonalidade na produção de forragens, no entanto é necessário conhecer o seu desempenho, principalmente em termos de produtividade para assim, auxiliar o produtor no planejamento e na tomada de decisão e, garantir o retorno econômico da atividade.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS NUTRICIONAIS E MANEJOS RESILIENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO

RESUMO: A inconstância na produção de forragem ao longo do ano das regiões semiáridas causa enormes prejuízos para os pecuaristas, afetando a economia local. Com isso, diferentes manejos resilientes buscam contribuir para o aumento do aporte forrageiro das propriedades, ampliando também o equilíbrio nutricional e, reduzindo os custos de produção devido à menor busca por alimentos concentrados. Diante desse contexto, objetiva-se com esta revisão descrever as principais espécies indicadas e seu valor nutritivo, exigências nutricionais de bovinos, caprinos e ovinos e, trazer opções de manejos resilientes que possibilitem a manutenção desses agroecossistemas. A revisão relata as principais espécies cultivadas no semiárido, assim como outras potenciais, mencionando suas qualidades nutricionais, além das exigências dos principais ruminantes. Também traz manejos e técnicas resilientes buscando garantir maior eficiência dos cultivos. Manejos como o uso de culturas adaptadas e tolerantes, irrigação suplementar e consorciação podem promover modificações nos padrões morfofisiológicos das espécies, possibilitando uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais das áreas cultivadas, e aumentando a capacidade produtiva dos sistemas. Contudo, ressalta-se que são necessários mais estudos com diferentes combinações destas espécies, associadas a diferentes manejos.

Palavras-chave: Espécies adaptadas, Gramíneas, Leguminosas, Manejos resilientes.

CHAPTER 1: NUTRITIONAL ASPECTS AND RESILIENT MANAGEMENT OF FORAGE PLANTS CULTIVATED IN THE SEMI-ARID

ABSTRACT: The inconstancy of forage production throughout the year in semi-arid regions causes huge losses for livestock farmers, affecting the local economy. With this in mind, different resilient managements seek to help increase the forage supply on farms, while also increasing nutritional balance and reducing production costs due to less demand for concentrated feed. Given this context, the aim of this review is to describe the main species indicated and their nutritional value, the nutritional requirements of cattle, goats and sheep, and to provide options for resilient management that make it possible to maintain these agro-ecosystems. The review reports on the main species grown in the semi-arid region, as well as other potential species, mentioning their nutritional qualities and the requirements of the main ruminants. It also looks at resilient management and techniques to ensure greater crop efficiency. Managements such as the use of adapted and tolerant crops, supplementary irrigation and intercropping can promote changes in the morphophysiological patterns of species, enabling greater efficiency in the use of natural resources in cultivated areas and increasing the productive capacity of systems. However, it should be noted that more studies are needed with different combinations of these species, associated with different managements.

Keywords: Adapted species, Grasses, Legumes, Resilient management.

1. INTRODUÇÃO

O agravante das mudanças climáticas ao longo dos anos, impacta diretamente os padrões de temperatura e precipitação pluvial, tornando as temperaturas média do ar elevadas e as precipitações com maiores variações espaço-temporal. Este fato é acentuado sobretudo, em regiões áridas e semiáridas, onde nestas já dispõem de condições climáticas desafiadoras para a vida humana e atividade agropecuária (FAO, 2019; DUBEUX et al., 2021). Estas alterações nos ecossistemas levam a uma diminuição no aporte forrageiro das propriedades, ocasionando em baixo desempenho animal, diminuindo o desenvolvimento das cadeias produtivas agropecuárias (ALARY et al., 2022). Dessa forma, são imprescindíveis técnicas que visem aumentar o aporte forrageiro, minimizando os efeitos da sazonalidade. Entretanto, há uma limitação de informações sobre o manejo de cultivos resilientes, assim como também de espécies forrageiras que propiciem dietas mais equilibradas, reduzindo a necessidade de alimentos concentrados.

Entre as principais atividades desenvolvidas no semiárido brasileiro, está a pecuária, a qual caracteriza-se pelo sistema extensivo com predomínio de caprinos e ovinos, os quais possuem como principal fonte de volumoso a vegetação nativa (OLIVEIRA; MACÊDO; SANTOS, 2019). No entanto, a produção de forragem é caracterizada por ser sazonal, resultando em uma capacidade de suporte forrageiro reduzida, enfraquecendo a atividade, sendo necessárias meios para aumentar a disponibilidade de forragem para os rebanhos (DANTAS et al., 2021).

Para diminuir a vulnerabilidade do sistema produtivo pecuário e aumentar as possibilidades de sucesso são necessários alguns conhecimentos prévios como, exemplo, associar a alimentação dos ruminantes com base na exigência nutricional de cada grupo de animais (caprinos, bovinos e ovinos) e, ainda considerar os seus diferentes estágios de desenvolvimento (i.e., cria, recria, engorda, lactação, etc.), para isso, dispor de um grupo variado de plantas forrageiras na propriedade auxilia na diminuição dos custos com a compra de forragens, já que atende a exigência alimentar dos animais em energia, proteína, minerais, vitaminas e água (LEITE et al., 2021).

Desta forma, ponderando além da questão quantitativa, à busca do equilíbrio nutricional é necessário para o estabelecimento de diferentes espécies forrageiras, como: sorgo forrageiro (*Sorghum sudanense* Piper.), capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp), pornunça (*Manihot* spp.), e capins de pastejo, como o buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), capim-Aruana (*Megathyrsus maximus* cv. Aruana) e, entre outros que proporcionem uma maior disponibilidade na quantidade de forragem, atrelado a dietas mais balanceadas, considerando que a associação de

espécies pode compensar o valor nutritivo deficitário de espécies isoladas e, garantindo assim, a maior sustentabilidade do sistema de produção (DANTAS et al., 2021).

Para estas espécies expressarem o seu potencial produtivo e nutricional são necessários uma série de fatores, envolvendo aspectos edafoclimáticos, além disso, o uso de práticas agrometeorológicas capazes de mitigar os efeitos dos estresses abióticos, considerando que a região semiárida apresenta condições estressantes ao desenvolvimento das plantas (PEREIRA et al., 2015). Portanto, práticas como: adoção de espécies adaptadas ou resilientes, consórcio e manejo correto da irrigação, proporcionam uma menor estacionalidade na oferta de forragem, assim como também diversificam os alimentos para os rebanhos (ZHANG et al., 2020).

Diante disso, acredita-se que manejos de cultivos resilientes como o uso de culturas adaptadas, consórcios e irrigação complementar são capazes de mitigar os efeitos do clima, proporcionando a sustentabilidade técnica e econômica da atividade agropecuária. Logo, objetiva-se com esta revisão descrever as principais espécies forrageiras indicadas para cultivo no semiárido e seus aspectos nutricionais, além de mencionar exigências nutricionais de bovinos, caprinos e ovinos e trazer manejos resilientes, buscando a manutenção do desempenho produtivo.

2. Características edafoclimáticas do semiárido brasileiro

Presente em oito Estados da região Nordeste (Bahia, Ceará, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e também no Norte de Minas Gerais, o semiárido brasileiro possui uma área de cerca 982.566 km², abrangendo aproximadamente 1.183 municípios e com uma população estimada em 27 milhões, sendo, portanto, o semiárido mais populoso do mundo (SILVA et al., 2015b). Esta região compreende as cidades com maior susceptibilidade econômica e social e, além disso, as mais susceptíveis as mudanças climáticas (LUCENA; FERRER; GUILHERMINO, 2021).



Figura 1. Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2017.

No semiárido brasileiro predomina as intensas oscilações espaço-temporais na precipitação pluvial, além dos seus baixos valores (300 a 800 mm ano^{-1}), altas taxas evapotranspirativas ($>1200 \text{ mm ano}^{-1}$), baixa umidade relativa do ar média (56%) atrelado a altas temperaturas do ar (24 a $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$) (MATOS et al., 2021; MOURA et al., 2019). Tudo isso, associado a solos rasos, pedregosos com relevos declivosos, cursos de água temporários e com fraca recarga subterrânea ocasionando em vegetações nativas caducifólia rica em cactáceas típicas dessa região, cujas principais características são as modificações morfofisiológicas, em decorrência dos mecanismos evolutivos que possibilitam a persistência em um ambiente marcado por estresses, principalmente o hídrico e térmico (LUCENA; FERRER; GUILHERMINO, 2021).

Conforme a classificação climática de Köppen na região semiárida estão presentes três classificações principais, sendo elas: BShw' – semiárido, com verão e outono

chuvoso, e chuvas em maiores quantidades nos meses de março e abril, BShs' – semiárido, com concentração de chuva no inverno e outono, restringindo as chuvas a maio e junho e BShw – semiárido, com verão chuvoso e precipitações mais presentes nos meses de dezembro e janeiro (ALVARES et al., 2013; PEREIRA FILHO; SILVA; CÉZAR, 2013).

3. Manejos agrícolas resilientes para aumentar a capacidade de suporte

3.1 Espécies forrageiras cultiváveis no Semiárido

3.1.1 Braquiária

Originária do continente Africano, a *Braquiária decumbens* Stapf [*Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster] é uma gramínea forrageira amplamente utilizada em pastagens brasileiras, onde está presente em cerca de 25 milhões de hectares, situada principalmente no Centro-Oeste, Sudeste e Norte do país (MOREIRA et al., 2018; RIET-CORREA et al., 2010; SILVA et al., 2012). Esta espécie perene possui um crescimento rasteiro, com seus caules se espalhando horizontalmente sobre o solo, alturas variando de 50 cm a 100 cm, folhas eretas, sistema radicular bem desenvolvido, composto por raízes profundas, auxiliando na absorção de nutrientes e água do solo (ROSA et al., 2016).

Em termos de valor nutricional, esta gramínea apresenta bom valor nutritivo (Tabela 1), possuindo um teor moderado de proteína, sendo uma fonte razoável de energia para animais ruminantes. No entanto, é importante observar que o valor nutritivo dessa espécie pode variar de acordo com a idade da planta, época do ano e manejo da pastagem (HUGHES et al., 2017).

Tabela 1. Aspectos nutricionais do *Braquiária decumbens* (*Urochloa decumbens*) com base na matéria seca

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Proteína bruta	6-10	
Fibra em detergente neutro	68-74	
Fibra em detergente ácido	31-39	Hughes et al. (2017) Uzcátegui-
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	50-55	Varela et al. (2022)
Lignina	4,3-5,9	

A braquiária apresenta boa adaptação a diferentes tipos de solos desde que não sejam excessivamente encharcados, podendo ser cultivada em solos ácidos, de baixa fertilidade e com diferentes texturas, como argilosos e arenosos (Uzcátegui-VARELA

et al., 2022). Além disso, é relativamente resistente a maioria das doenças e pragas, apesar disso ainda possa ser afetada por algumas enfermidades, como manchas foliares e ferrugem.

Em relação a produtividade, a *U. decumbens* pode variar conforme a fertilidade do solo, quantidade de água e época do ano, contudo, apresenta-se numa faixa de seis a 12 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, dispondo de uma capacidade de suporte de 1,5 a 3,0 UA ha⁻¹ na época das chuvas e 0,8 a 1,2 UA ha⁻¹ na época seca, considerando uma unidade animal com uma faixa de 250-450 kg de peso vivo (MUNIANDY et al., 2020). Sendo que, em regiões semiáridas 75% desse valor ocorre na época das águas.

Esta gramínea necessita de 800 mm ano⁻¹ e, apresenta uma boa tolerância a períodos curtos de estiagem, contudo ao prolongar o déficit hídrico sua produtividade é comprometida em cerca de 80% (LIMA et al., 2019).

3.1.2 Capim Buffel

O capim-Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) possui origem Africana, metabolismo C₄, perene, apresentando porte que varia entre 0,6 a 1,5 metros de altura a depender das condições de cultivo e da variedade ou cultivar empregada (MANSOOR et al., 2019). É uma gramínea altamente adaptada as condições de seca, o que a torna uma escolha popular em regiões semiáridas, possuindo uma notável capacidade de manter sua coloração verde e continuar crescendo durante a época de estiagem, exibindo uma boa produtividade e qualidade forrageira, o que lhe confere uma opção valiosa para a pecuária, proporcionando alimento mesmo em condições de escassez de água (TOMMASINO et al., 2018).

Sua relevância é evidenciada pelo seu alto valor nutritivo alta digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta, além de apresentar boa aceitabilidade. Essas características o tornam uma escolha adequada para enfrentar as condições adversas desse ambiente, onde as chuvas são irregulares e as temperaturas são altas, resultando em uma elevada demanda evapotranspirativa (PINHO et al., 2013). Além disso, apresenta boa capacidade de rebrota, raízes profundas que conseguem explorar mais camadas do solo e pode ser ofertado na forma de silagem, feno, contudo é preferível para pastejo direto (MOREIRA et al., 2015).

Quanto à eficiência desta espécie no aspecto de produtividade, esta pode variar de região para região em virtude das condições edafoclimáticas e do manejo agrometeorológico empregado, já que fatores como uso da irrigação e adubação possibilita um incremento na produtividade do capim-buffel, mas de uma forma geral a

produção varia de 4 a 12 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca (MONÇÃO et al., 2011) com uma capacidade de suporte de 0,8 a 2,0 UA ha⁻¹ ano⁻¹, dispondo de uma exigência hídrica média de 400 mm ano⁻¹.

A composição bromatológica do capim-buffel varia de acordo com a idade do corte e a umidade do solo. Os valores correspondentes podem ser encontrados na Tabela 2, onde são descritos os componentes bromatológicos dessa gramínea.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica do capim Buffel em duas épocas do ano e da planta toda com base na matéria seca

Variáveis	Planta toda (folhas e colmo) (%)	Período chuvoso (%)	Período seco (%)	Referências
Matéria seca	60-80	<30	>70	
Proteína bruta	>9	12	<4	Monção et al. (2011)
Fibra em detergente neutro	74-76	<30	>70	Moreira et al. (2015)
Fibra em detergente ácido	40-47	-	50	Pinho et al. (2013)
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	-	>45	<30	
Extrato etéreo	-	1,2	1,84	
Material mineral	-	10,64	-	

3.1.3 Gênero *Panicum* (syn. *Megathyrsus*)

O gênero *Panicum*/ *Megathyrsus* engloba uma gama de espécies potenciais para o semiárido, dentre elas o capim-Aruana [*Panicum maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Aruana], Mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) e Tanzânia (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia)

O capim-Aruana de origem Africana foi lançado no Brasil em 1989 pelo Instituto de Zootecnia de Nova Odessa-São Paulo com o objetivo de diversificar a formação de pastagens (NEGRI et al., 2019). Esta gramínea apresenta hábito de crescimento cespitoso, porte variando de 70 a 90 cm, dispõe de colmos finos e folhas estreitas e, sua inflorescência é do tipo panícula, sendo assim em função de exibir estas características é bastante empregada em sistema de pastagens, sobretudo, para pequenos ruminantes (caprinos e ovinos) (OLIVEIRA et al., 2015).

Em relação a sua potencialidade de produção de matéria seca, esta pode variar conforme aspectos de clima e solo, sendo o Aruana exigente em água (>900 mm ano⁻¹) e fertilidade do solo e, com esses aspectos obedecidos a produção de matéria seca pode chegar até 21 t ha⁻¹ ano⁻¹ (RIBEIRO et al., 2014). Além disso, apresenta excelente aceitabilidade pelos animais em pastejo, rápido perfilhamento, capacidade de cobrir totalmente o solo, evitando erosões e plantas invasoras (FERNANDES et al., 2017).

O Aruana possui uma capacidade de suporte de 2,0 a 2,5 UA ha⁻¹, durante o período chuvoso, e de 0,8 a 1,0 UA ha⁻¹ no período seco e, dispõem de atributos nutritivos variados conforme a disponibilidade hídrica (Tabela 3).

Tabela 3. Composição químico-bromatológica do capim-Aruana em duas épocas do ano

Variáveis	Período seco (%)	Período chuvoso (%)	Referências
Proteína bruta	4,4	9,3	
Fibra em detergente neutro	77,2	72,8	
Fibra em detergente ácido	43,9	39,9	Mendes et al. (2010)
Digestibilidade <i>in vitro</i> de matéria seca	67,0	81,0	Vargas Junior et al. (2012)

O Mombaça é uma espécie de gramínea tropical amplamente utilizada na pecuária como forragem devido à sua alta produtividade, possui origem Africana e, sua adoção se dá principalmente em áreas de produção de leite, contudo, tem sido amplamente utilizado para sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) (CARNEVALLI et al., 2021).

Esta gramínea cespitosa pode chegar a 1,8 m de altura, com baixa resistência a seca e alta exigência em fertilidade do solo, possui alta persistência da pastagem com produtividades médias de 15 a 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, sendo que no período seco reduz cerca de 85% desse valor (SOUSA et al., 2018).

Embora consiga crescer e produzir na faixa dos 650 a 800 mm, o capim Mombaça tem um melhor desenvolvimento e produtividade em regiões com precipitações acima de 1000 mm ano⁻¹ (FARIA et al., 2016).

Compreendendo múltiplos usos desde silagem, feno, pastejo direto ou ainda picado ao cocho, o Mombaça dispõem de uma capacidade de suporte de 1,5 a 2,5 no período chuvoso e 0,8 a 1,0 UA ha⁻¹ ano⁻¹ no período seco (UA = 450 kg de peso vivo) e, seu valor nutricional (Tabela 4) é considerado satisfatório em razão da sua quantidade de folhas, desde que manejados na altura correta (CARNEVALLI et al., 2021).

Tabela 4. Composição química-bromatológica do capim Mombaça com base na matéria seca.

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Proteína bruta	10 - 12	
Fibra em detergente neutro	73	
Fibra em detergente ácido	49 - 42	Carnevalli et al. (2021)
Lignina	29 - 34	

O Tanzânia foi lançado no Brasil na década de 90 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) possui crescimento cespitoso, podendo chegar a 1,3

m de altura. Este capim é indicado para áreas com alta fertilidade e com precipitações em torno de 1000 mm, uma vez que é um capim de alta exigência, contudo em regiões com regime pluviométrico de 650 a 800 mm esta espécie consegue manter bons índices produtivos (MALEKO et al., 2019).

A produtividade média do Tanzânia é em torno de 10 a 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ com uma capacidade de suporte de 0,5 a 2,5 no período chuvoso e 0,8 a 1,0 UA ha⁻¹ ano⁻¹ no período seco (UA = 450 kg de peso vivo) (BITTENCOURT et al., 2022) e, bons atributos nutricionais (Tabela 5).

Tabela 5. Composição químico-bromatológica do capim Tanzânia com base na matéria seca

Variáveis	Quantidades	Referências
Matéria seca	-	
Proteína bruta	9-15	Bittencourt et al. (2022)
Fibra em detergente neutro	78	
Fibra em detergente ácido	49-42	
Hemicelulose	29-34	

3.1.4 Gênero *Penisetum*

O gênero *Penisetum* compreende diversas espécies, dentre elas o capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), BRS Capião (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Capião) e BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Kurumi).

O capim Elefante é uma gramínea (Poaceae) com metabolismo fotossintético C₄, com crescimento rápido e do tipo cespitoso, com alta capacidade produtiva e consegue adaptar-se aceitavelmente a climas e solos do Brasil (AMARAL et al., 2020; SANTOS et al., 2021).

Esta espécie é muito utilizada pra alimentação dos rebanhos em forma *in natura*, todavia, foram realizados novos estudos e obteve-se uma nova cultivar, o BRS Capião (PEREIRA et al., 2016), que apresenta floração tardia, porte alto, lâminas foliares largas, bainha amarelada, caule com diâmetro espesso e entrenós longos e, além disso, não contém pelos e alta densidade de perfilhos (PEREIRA et al., 2017). A propagação via colmo (i.e., vegetativa) é a mais recomendada. O plantio deve ser sempre no início do período chuvoso, e em solos de alta fertilidade, profundos e bem drenados (FIGUEIRA et al., 2016).

Possuindo uma produção de biomassa superior ao milho e a da cana-de-açúcar, o BRS Capião atinge uma média de 50 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca. Outro fator favorável desta cultivar é a tolerância ao estresse hídrico, o que a torna alternativa ao cultivo do

milho em regiões com chuvas irregulares como é o caso da região semiárida (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017).

O capim elefante necessita de uma média de 1000 mm ano⁻¹ para produzir satisfatoriamente e, em regiões semiáridas (300 a 800 mm ano⁻¹) é necessário recorrer a irrigação. Na Tabela 6 está disposta a composição químico-bromatológica da cultivar BRS Capiçu.

Tabela 6. Composição químico-bromatológica da cultivar BRS Capiçu

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Matéria seca	9-20	
Proteína bruta	5-9	
Fibra em detergente neutro	60-70	Rosa et al. (2019)
Fibra em detergente ácido	>30	Paula et al. (2020)
Extrato etéreo	1,5-4,0	Cosmo; Galeriani. (2021)
Nutrientes digestíveis totais	45-50	

A BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum* S. cv. BRS Kurumi) foi desenvolvida pela Embrapa em 2012 com o intuito de diversificar as áreas de pastagens e, além disso, contornar um problema da espécie do capim-elefante que era o porte alto (>1 m), dificultando o pastejo direto por pequenos ruminantes (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017).

Em relação a seus valores nutritivos, a BRS Kurumi possui um grande destaque, sobretudo, nos seus valores de proteína bruta e taxas de digestibilidade, suportando de quatro a sete unidade de animais ha⁻¹ e ganhos de peso de até 1 kg animal⁻¹ dia⁻¹ (GOMIDE et al., 2015). Na Tabela 7 estão dispostas suas qualidades nutricionais.

Tabela 7. Composição químico-bromatológica da cultivar BRS Kurumi com base na matéria seca

Variáveis	Época Chuvosa (%)	Época Seca (%)	Referências
Matéria seca (t/ha)	10-12	6-8	
Proteína bruta (%)	18-20	12-18	
Fibra em detergente neutro (%)	58-60	58-64	Gomide et al. (2015)
Fibra em detergente ácido (%)	35-40	40-45	Leal et al. (2019)
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (%)	68-70	60-65	
Extrato etéreo (%)	1,96	-	
Material mineral (%)	-	-	

Esta cultivar apresenta características como o porte baixo (80 cm), formação de touceiras, internódios curtos, altas taxas de crescimento vegetativo, acentuada expansão foliar e perfilhamento abundante, podendo ser ofertado picado no cocho ou ainda sob o

pastejo direto (ROSA et al., 2019). Além disso, possui uma exigência hídrica acima de 800 mm ano⁻¹ e produtividades de matéria seca de 17 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo cerca de 70% desta na época de maior concentração de chuvas (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017).

3.1.5 Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais fontes de alimentos para animais e humanos de todo globo, esta cultura é o cereal mais produzido no mundo (JIA et al., 2020; WANG et al., 2021). No Brasil, a plantação de Milho abrange uma área de 17 milhões de hectares, com produtividade média de 5.400 kg/ha, colocando o país como o terceiro maior produtor global. (LI et al., 2021).

A produtividade do milho é muito influenciada pelas condições de manejo e clima, em geral para condições semiáridas varia de 2 a 3 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹ de grãos e, em anos mais chuvosos pode alcançar 6 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹ (CORRÊA et al., 2019). Sendo sua finalidade principal na forma de grãos ou silagem e, seu valor nutricional considerado de excelente qualidade (Tabela 8).

Tabela 8. Características bromatológicas da silagem de Milho e sua constituição mineralógica

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Matéria seca	30-35	
Proteína bruta	7-10	
Fibra bruta	~24	
Fibra em detergente ácido	~30	
Fibra em detergente neutro	51-52	
Amido	~29	
Nutrientes digestíveis totais	60-65	Martin et al. (2012) e Zhang et al. (2022)
Extrato etéreo	~2	
Nitrogênio	1,47	
Fósforo	0,24	
Cálcio	0,24	
Magnésio	0,20	
Potássio	1,15	

A inclusão dessa gramínea em regiões semiáridas ainda é um grande desafio, uma vez que as condições climáticas são extremas (TIAMMEE & LIKASIRI, 2020) e o estresse hídrico na maior parte do ano é o principal limitante para a produção de forragem, assim, é importante a busca de cultivares com ciclos mais curtos e que possam persistir

as condições impostas (SHU WANG et al., 2021). Uma vez que esta gramínea exige uma grande quantidade de água (400 a 700 mm ciclo⁻¹) e apresenta sensibilidade ao estresse hídrico especialmente durante o crescimento inicial entre a 1^a e 2^a semanas antes e após a floração (JIN et al., 2010). Todavia, o milho pode ser cultivado e manejado com a suplementação hídrica por meio da irrigação, com isso permitindo o cultivo durante os meses de restrição hídrica e contribuindo para o aumento do aporte de forragem (THAPA et al., 2018).

3.1.6 Sorgo forrageiro

O sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma monocotiledônea da família Poaceae e subfamília Panicoideae. Esta espécie tem sua originalidade ligada a África, conseguindo persistir a clima semiárido em decorrência as suas características xerófilas (KIRCHNER et al., 2019; LIMA et al., 2018).

Devido a sua adaptabilidade o sorgo é cultivado em diferentes países e condições ambientais, com isso, foi se observando ao longo do tempo a sua inclusão e retirada progressiva do milho, resultado da exigência hídrica menor, raiz profunda e bem desenvolvida, permite rebrotas, tolera o déficit hídrico, salinidade e solos ácidos (LIMA et al., 2018; TEETOR et al., 2017). Com isso, considerando-a o quinto cereal mais produzido no mundo, onde é menor do que o trigo, milho, arroz e cevada (ABD EL-MAGEED et al., 2018).

Os grãos do sorgo são muito utilizados na alimentação humana na África, assim como fonte de matéria prima para produção de combustíveis. Mas, a inserção desta gramínea na alimentação animal tem crescido a cada dia, podendo-se ofertar para ruminantes e não ruminantes (parte aérea e grãos), além de ser altamente produtivo a sua forragem é de alta qualidade nutricional, tornado o cultivo mais sustentável e assegurando a fonte alimentar para os rebanhos em ambientes deficitários (ELIAS et al., 2016; JARDIM et al., 2020a; ZHAO et al., 2020).

Tratando-se do sorgo como planta forrageira, a mesma apresenta versatilidades quanto as formas de oferta para os rebanhos, a alimentação dos animais pode ser no cocho com o material *in natura*, feno, silagem, grãos ou pastejo, independentemente da forma de acesso é observado alta aceitabilidade, qualidade e digestibilidade (INÁCIO et al., 2018; SINGH et al., 2017). Além destas peculiaridades, esta gramínea possui alta capacidade de produzir sucessivas rebrotas e permitir mais ciclos durante o ano e, com isso, aumenta-se o aporte de forragem e minimizam os efeitos da sazonalidade na produção de alimentos para os rebanhos e, por consequência, aumenta a eficiência e

desempenho animal, mesmo durante os períodos de estiagem (ALVES et al., 2020; ELIAS et al., 2016).

Existe atualmente inúmeras cultivares de sorgo recomendadas para o semiárido, com destaque para o sorgo Ponta Negra resistente ao acamamento, apresentando alta produção de biomassa com baixo custo; e o Sorgo Sudão também denominado de capim-sudão e sorgo-sudan, é uma gramínea monocotiledônea de ciclo precoce (40 a 50 dias) e, com adaptação a regiões secas e quentes, solos de baixa fertilidade e altamente tolerante ao déficit hídrico, exigindo um regime hídrico de 400 a 700 mm ano⁻¹ e, apresentando um crescimento inicial bastante acelerado e uma excelente habilidade de perfilhamento e rebrota (DABUL; VEIGA; GOBETTI, 2018). Além disso, esta espécie destaca-se por apresentar uma acentuada produção de matéria seca, tendo potencial para pastejo, ensilagem ou fenação (FERREIRA; GONÇALVES; RODRIGUES, 2018).

Quando comparado ao milho, o sorgo se sobressai uma vez que produz maiores quantidades de matéria seca, melhor capacidade de adaptação a climas adversos e, além disso, produz plantas com grande volume de massa verde e baixo poder tampão, características fundamentais para ensilagem (GALVÃO et al., 2015). Na Tabela 9 estão evidenciadas as características químico-bromatológica do Sorgo.

Tabela 9. Composição químico-bromatológica do feno de Sorgo

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Matéria seca	19-26	
Proteína bruta	6-15	
Fibra em detergente neutro	40-50	
Fibra em detergente ácido	27-35	Oliveira et al. (2010)
Material mineral	~8	Lima et al. (2017)
Extrato etéreo	1,6-3,7	Dabul; Veiga; Gobetti. (2018)
Nutrientes digestíveis totais	~60	
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	52-60	

3.1.7 Cana-de-açúcar

A Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas agrícolas mais importantes no setor da agroindústria, sendo amplamente cultivada em muitos países ao redor do mundo, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, sendo utilizada principalmente na produção de açúcar, etanol e outros subprodutos em razão da alta capacidade de produzir matéria seca, em torno de 54 a 72 t ha⁻¹ (RUAN et al., 2018).

Esta espécie apresenta perenidade, podendo ser propagada por meio de mudas pré-brotadas ou por colmos (vegetativa). O plantio é realizado em linhas espaçadas, sendo que geralmente em condições semiáridas varia de 1,0 a 2,0 m e, a escolha adequada das

variedades de cana-de-açúcar e o manejo correto do solo são essenciais para o sucesso da plantação, considerando também os aspectos climáticos e de manejos empregados na condução do cultivo (SURENDRAN et al., 2016).

Seu ciclo de crescimento varia de acordo com as condições climáticas e a variedade cultivada, geralmente variando de 12 a 24 meses, onde durante esse período, ocorrem várias fases, como a germinação, crescimento vegetativo e a maturação dos colmos (DOTANIYA et al., 2016). Sendo a fase vegetativa de maior exigência hídrica (850 mm), contudo em geral a cana-de-açúcar necessita de um regime hídrico de 1000 a 1200 mm ano⁻¹.

Em relação a sua produtividade, esta pode variar de acordo com vários fatores, como variedade cultivada, manejo agrícola, condições climáticas e tecnologias aplicadas, sendo geralmente medida em toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH) ou em açúcar recuperável por tonelada de cana (ART) (RUAN et al., 2018). Avanços genéticos, práticas de manejo eficientes e tecnologias inovadoras têm contribuído para aumentar a produtividade da cultura ao longo dos anos.

Na alimentação animal, esta espécie é bastante aceita pelos animais, podendo ser ofertada picada ao cocho, contudo por apresentar baixo conteúdo de proteína bruta (2-3%) deve ser incluída na dieta com a incorporação de fontes proteicas (DOTANIYA et al., 2016). Além disso, pode ser utilizada na ensilagem de alguns materiais, mas nunca de forma isolada já que pode haver fermentação alcoólica, inviabilizando a silagem (SURENDRAN et al., 2016).

3.1.8 Alfafa

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma leguminosa de ciclo perene amplamente cultivada pelo mundo (~30 milhões de hectares), com alto potencial forrageiro e boa adaptabilidade a várias condições ambientais, permitindo ciclos sucessivos durante o ano, corroborando assim, para um aumento tanto em quantidade como em qualidade para os rebanhos (BHATTARAI et al., 2021; FU et al., 2021; SANTANA et al., 2019).

Em relação aos requisitos para manejo, a Alfafa é altamente exigente em fertilidade do solo, apresentando melhores resultados em solos com elevados teores de matéria orgânica. Além disso, necessita de um regime hídrico de 800 a 1600 mm ano⁻¹ e, atendendo este requisito pode chegar a 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ (NEIVA; SANTOS, 2022), dispondo de uma alta qualidade nutricional (Tabela 10).

Tabela 10. Composição químico-bromatológica da Alfafa com base na matéria seca

Variáveis	Teor (%)	Referências
Matéria seca	84	
Proteína bruta	22-25	
Fibra bruta	23	
Fibra em detergente neutro	36	Feng et al. (2022)
Fibra em detergente ácido	28	Soltan et al. (2017)
Extrato etéreo	2,1	Wang et al. (2021)
Nutrientes digestíveis totais	65-70	
Digestibilidade in vitro da matéria seca	65-70	

O desenvolvimento desta leguminosa atrela-se ao seu sistema radicular pivotante e bem desenvolvido, alcançando uma profundidade de 3 a 5 m e possibilitando a abertura de espaços e canais no solo, que estimulam a infiltração de água e melhoram o ciclo de nutrientes, além do acesso a fontes hídricas em camadas mais subsuperficiais do solo, e também é capaz de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN) em associação com bactérias, principalmente do gênero *Rhizobium* (LIU et al., 2021; LINLIN WANG et al., 2021).

Um estudo realizado por Wang et al. (2021a) durante 15 anos de cultivo, em uma região semiárida da China sob condição de sequeiro, cuja precipitação média durante os anos no período avaliado foi de 390 mm, os mesmos obtiveram rendimentos variando de 0,7 a 11,2 t ha⁻¹ de MS.

3.1.9 *Gliricídia*

Leguminosa forrageira com origem na América Central e norte da América do Sul, a *Gliricídia* (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Walp.) é uma espécie de porte arbóreo, raízes profundas, ciclo perene, capacidade de rebrota e com ampla adaptação ao clima do semiárido, por possuir mecanismos como crescimento e desenvolvimento rápido, sistema radicular profundo, conferindo resistência a períodos de longa estiagem (ANDRADE et al., 2015).

Esta espécie pode ser propagada tanto por semente como por estaquia, sendo por sementes o mais apropriado para sistemas intensivos, pois neste as plantas apresentam sistema radicular profundo e vigoroso, suportando mais estresses e captando maiores quantidades de água e nutrientes (SILVA et al., 2015). Além disso, possui uma exigência hídrica média de 500 a mm ano⁻¹ e, produtividade que podem chegar a 80 t ha⁻¹ ano⁻¹ (CAMPOS et al., 2017).

A *Gliricídia* é uma espécie que apresenta múltiplas funções, podendo atuar como fonte proteica para ruminantes, cerca viva, recuperação de áreas degradadas, em razão da

sua alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio e, além disso, é uma excelente opção para sistemas integrativos com lavoura e pecuária, podendo ser consorciada com gramíneas, palma forrageira e outras leguminosas e pode ser oferecida na alimentação de animais na forma de feno, silagem, banco de proteína ou ainda na preparação de sal forrageiro (BAYÃO et al., 2016).

Analisando a substituição parcial do farelo de soja por feno ou silagem de *Gliricídia* sobre o desempenho, comportamento ingestivo e características de carcaça de cordeiros em terminação, Lemos et al. (2020) observaram que houve um incremento no consumo de matéria seca nos animais alimentados com o feno da *Gliricídia*, passando de 0,75 kg para 1,13 kg MS dia⁻¹, já quanto a silagem de *Gliricídia* e o farelo de soja não houve diferença estatística. Além disso, os autores constataram maiores ganhos de peso diário e ganho total de peso da carcaça nos animais alimentados com silagem (0,180 kg dia⁻¹ e 14,6 kg, respectivamente), e feno de *Gliricídia* (0,170 kg dia⁻¹ e 13,8 kg dia⁻¹) em relação aos alimentados exclusivamente com farelo de soja (0,09 e 11,6 kg dia⁻¹) como fonte de proteína.

Embora possua uma ótima aptidão para forragens e uma produção de biomassa satisfatória, a *Gliricídia* na forma *in natura* encontra limitações quanto ao consumo pelos animais em virtude do odor ocasionado pela liberação de compostos voláteis de suas folhas e sua possível toxidez, sendo este problema corrigido pela desidratação das folhas ao sol ou pelos processos de conservação com fenação ou ensilagem (SÁ et al., 2021). Além disso, após um período de adaptação, os animais passam a consumir voluntariamente a *Gliricídia* mesmo que na forma *in natura*. Na Tabela 11 é demonstrada a composição químico-bromatológica da *Gliricídia in natura*, em forma de feno e silagem conforme diferentes autores.

Tabela 11. Composição químico-bromatológica da *Gliricídia in natura*, feno e silagem

Variáveis	<i>In natura</i> (%)	Silagem (%)	Feno (%)	Referência
Matéria seca	21,18	24,7	82,4	
Proteína bruta	19,6	19,2	18,6	Lemos et al. (2020)
Fibra em detergente neutro	45-50	59,3	60	Santana et al. (2019)
Fibra em detergente ácido	33,39	43	43	Oliveira et al. (2018)
Material mineral	7-8	7-8	7-8	Brito et al. (2020)
Extrato etéreo	0,89	0,33	0,22	Sá et al. (2021)
Carboidratos não fibrosos	17,5	26,04	19	

3.1.12 *Leucena*

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) tem origem na América Central e México, contudo pode ser encontrada em diversas regiões tropicais do globo.

Apresentando porte arbustivo, rusticidade, raízes profundas e bem desenvolvidas, leguminosa perene, possui grande tolerância ao déficit hídrico. Por características particulares a leucena apresenta inúmeras possibilidades de uso e uma ampla dispersão (CÂMARA et al., 2015; SILVA et al., 2015b).

Adaptada a ambientes semiáridos e contendo raízes profundas e bem desenvolvidas, esta leguminosa é implantada em áreas degradadas para processos de revitalização, já que permite sua recuperação com o incremento de matéria orgânica, controle da erosão e incremento de nitrogênio por meio da simbiose com bactérias principalmente do gênero *Rhizobium* permitindo a fixação biológica de nitrogênio (FBN), também pode ser empregada para adubação verde ou, ainda como fonte de renda com a venda de lenha e carvão (HALLI et al., 2022). Contudo, sua maior utilidade é como planta forrageira para alimentação dos rebanhos, podendo possibilitar uma dieta rica em proteínas e, além disso, há a presença de outros constituintes favoráveis na dieta de ruminantes como vitaminas e minerais, entretanto, nas suas folhas há a presença de taninos condensados, sendo estes responsáveis pela redução da atividade microbiológica como, e.g., *Archaea* metanogênicas do rúmen e, conseqüentemente, diminuindo a produção do metano (CH₄) (KANG et al., 2023).

A Leucena pode ser cultivada em consórcio com gramíneas, proporcionando aumento de produtividade, além de contribuir com o sequestro de CO₂ atmosférico, possibilitando o incremento e a manutenção do carbono orgânico no solo (SOLTAN et al., 2017). Esta espécie desenvolve-se bem na faixa dos 500 mm ano⁻¹.

Esta leguminosa possui boa aceitabilidade e sua produtividade varia de 25 a 50 toneladas de matéria seca ha⁻¹, com bons teores nutricionais (Tabela 12), possibilitando a ingestão de um alimento de alta qualidade ((BATTISTON et al., 2020; FERNÁNDEZ et al., 2017).

Tabela 12. Composição químico-bromatológica da Leucena com base na matéria seca

Variáveis	Época		Referências
	Chuvosa	Seca	
Quantidades (%)			
Matéria seca	-27	~30	
Proteína bruta	~25	~26	Bayão et al. (2016)
Fibra em detergente neutro	~41	~40	
Fibra em detergente ácido	30	28	Santos et al. (2023)
Digestibilidade <i>in vitro</i>	~55	~61	

Como esta cultura é adaptada as condições edafoclimáticas presentes no semiárido, ela se torna uma opção vantajosa como alternativa alimentar dos rebanhos, tendo em vista a diminuição da oferta de forragem e do baixo valor bromatológico das plantas dessa região, sobretudo, nos meses de escassez hídrica (VALDIVIÉ-NAVARRO et al., 2020).

3.1.11 *Moringa*

Com origens na Índia e no Paquistão, a moringa (*Moringa oleifera* Lam.) (YADAV; GANGADHARA; APPARAO, 2022) vem sendo utilizada desde os romanos, gregos e egípcios para extração de óleo destinado a alimentação humana. Em geral conhece-se cerca de treze espécies pertencentes ao gênero *Moringa*, contudo, a mais utilizada para alimentação animal é a *M. oleifera* (AZEVEDO et al., 2020).

Atualmente, a moringa é cultivada em diversas partes do mundo, sendo comumente encontrada em regiões tropicais e subtropicais, além de regiões áridas a semiáridas da Índia, Paquistão, Afeganistão, Arabia Saudita e de países africanos. Já quanto aos países americanos, seu cultivo ocorre em Cuba, Guatemala, Paraguai, Nicarágua, Venezuela, Brasil, Argentina e Equador (VALDIVIÉ-NAVARRO et al., 2020).

As características intrínsecas da cultura como resistência a diferentes condições climáticas e a tolerância a grandes amplitudes térmicas permitem que seja possível seu cultivo em diferentes regiões do planeta, sendo que as temperaturas do ar ideais são em torno de 19 a 35 °C, porém, são capazes de sobreviver a uma temperatura extrema de até 48 °C (AMORIM et al., 2017). Esta espécie arbórea pode ser cultivada em locais com 500 a 2000 m de altitude, suporta eventos de geada, desenvolve bem em diferentes tipos de solos e, exige cerca de 400 mm ano⁻¹ (ABD EL-MAGEED et al., 2022). Dessa forma, pode-se utilizar a moringa para diversas finalidades, como a produção de medicamentos, cosméticos, flora apícola, fonte de combustível e aporte forrageiro para os rebanhos. As suas folhas são ricas em vitaminas, proteína, minerais, ácidos graxos, além disso, contém saponinas, fitatos e taninos com baixa capacidade de fatores antinutricionais, com isso os animais aproveitam da melhor forma o alimento fornecido (SANTIN et al., 2020).

Com relação as vantagens da moringa para alimentação dos rebanhos, o farelo da folha de moringa pode conter de 27 a 30% de proteína bruta (PB) e, apresenta um baixo custo de produção, ademais, o percentual médio de PB das folhas e caules são semelhantes aos valores do farelo de alfafa (15 a 22%), demonstrando a qualidade bromatológica desta cultura, podendo reduzir os custos com a obtenção de fontes proteicas (ABD EL-MAGEED et al., 2022).

A inclusão de folhas de moringa associadas a casca de soja na dieta de bovinos incrementou a população microbiana do rúmen com uma maior fermentação, quando comparados com aqueles alimentados com milho e casca (SANTIN et al., 2020). Além disso, os autores constataram que houve redução de gases propulsores do efeito estufa liberados pelos ruminantes.

3.1.12 Feijão-guandu

A cultura do feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] é da família Fabaceae, cujo ciclo é anual ou semiperene de porte semi-arbustivo. Esta leguminosa apresenta metabolismo C3 sendo de grande importância para países tropicais e subtropicais, principalmente no continente africano e asiático. O ciclo fenológico desta espécie apresenta uma variação de 80 a 180 dias, para as cultivares anãs (baixo porte de crescimento e estrutural) e convencionais (denominadas de porte normal), respectivamente (PINHEIRO et al., 2021).

O feijão-guandu é muito utilizado como adubação verde, com o intuito de fornecer matéria orgânica e nitrogênio para o solo. Esta leguminosa apresenta sistema radicular profundo e ramificado, o que possibilita a restauração química dos solos degradados, a partir da fixação biológica de nitrogênio e solubilização do fósforo ligado ao solo, além de permitir a sobrevivência da cultura em regiões com baixa disponibilidade hídrica (DANTAS et al., 2021). Diante das características desta espécie, o *C. cajan* enquadra-se como a quarta leguminosa de maior importância no mundo, superando apenas pelo feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e grão de bico (*Cicer arietinum* L.), esse destaque atrela-se a capacidade de disponibilizar uma dieta com alta qualidade e teor de proteína para alimentação humana e, atualmente na alimentação animal (FENG et al., 2022).

A partir dos benefícios e caracteres do feijão-guandu, o mesmo é uma importante alternativa para a produção de forragem, com uma produtividade em torno de 20 a 40 toneladas de matéria seca durante seu ciclo em condições de sequeiro (FENG et al., 2022). A forragem proveniente desta leguminosa, é composta por alto valor nutritivo, com isso, disponibilizando um alimento com excelente fonte de energia e proteína para os ruminantes da região semiárida (SALVADOR et al., 2021).

Para um desenvolvimento satisfatório do guandu é necessário um regime hídrico de 500 a 1200 mm ano⁻¹, podendo ser cultivado no semiárido brasileiro sem nenhuma restrição climática (SÁ JÚNIOR et al., 2018). Outra vantagem desta espécie é a possibilidade de cultivo em consórcio com gramíneas, principalmente de pastejo.

A respeito dos seus atributos bromatológicos o feijão guandu possui os valores médios de 13,5% de proteína bruta, 3,7% material mineral, 1,7% extrato etéreo, 71,6% fibra em detergente neutro e 51,2% fibra em detergente ácido (NEIVA; SANTOS, 2022).

3.1.13 Pornunça

Resultante do cruzamento natural entre a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e a maniçoba (*Manihot glaziovii* Meull. Arg.), a Pornunça (*M. esculenta* x *M. glaziovii*) é uma Euphorbiaceae nativa, amplamente distribuída no semiárido, sobretudo, os que apresentam a Caatinga como mata nativa tolerante ao estresse hídrico e com capacidade produtora de folhas que permanecem por um tempo prolongado no período de estiagem, conferindo uma vantagem estratégica e além disso, tem significativa habilidade de brotação no período chuvoso (NASCIMENTO et al., 2016).

Como consequência da hibridação a pornunça apresenta características pertencentes às duas espécies a qual resultou, como folhas e frutos análogos aos da mandioca e caules semelhantes aos da maniçoba (BORBUREMA et al., 2016). Sua propagação se dá na maioria das vezes por meio de suas hastes (manivas), uma vez que há baixa produção de sementes, dificultando o estabelecimento de novas áreas (ALENCAR et al., 2015).

Seu uso na forragem para alimentação animal ocorre por meio de silagens ou fenos, já que a parte fresca apresenta riscos de intoxicação pela presença de substâncias como o ácido cianídrico (HCN) que é tóxico e pode levar os animais à morte, a depender da quantidade consumida, sendo que quando submetidas a processos de fermentação ou desidratação natural seus teores são reduzidos e não ocasionam toxidez (JARDIM et al., 2018). Na Tabela 13 é apresentada as características químico-bromatológicas da pornunça, contudo a literatura é bastante limitada quanto esses caracteres.

Tabela 13. Composição químico-bromatológica da Pornunça

Variáveis	Quantidades (%)	Referências
Matéria seca	26,35	Nascimento et al. (2016)
Proteína bruta	15-27	
Fibra em detergente neutro	35,3	
Fibra em detergente ácido	22,26	
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	11,40 ~50	

4.2 Exigências nutricionais

Exigência nutricional é definida como a quantidade diária de um nutriente que o animal deve ingerir para alcançar determinado nível de produção, seja ele produção de leite ou carne (YANG et al., 2020).

4.2.1 Bovinos

A bovinocultura é uma das principais atividades desenvolvidas no Brasil, e responsável pela movimentação principal de dois setores: leite e corte, sendo esses setores essenciais economicamente e socialmente, colocando o nosso país como líder de exportações de carne e o terceiro na produção de leite. O país possui o maior número de efetivo de rebanho do mundo com 215 milhões de cabeça e responsabilizando-se por 8,5% do PIB brasileiro (MALAFAIA et al., 2021).

O Brasil apresenta uma extensa área territorial e um clima propício para a bovinocultura, sendo que nessas condições é possível a criação dos rebanhos no pastejo direto em sistema extensivo. Atualmente há uma concentração do rebanho na região Centro-Oeste com cerca de 70 milhões de cabeças, por outro lado existe um crescimento bastante acentuado na região Norte com aproximadamente 40 milhões de cabeças (IBGE, 2020).

Já na região Nordeste, o rebanho efetivo de bovinos é em torno de 10 milhões de cabeças, isso se deve muito ao clima típico semiárido, onde há a presença de chuvas irregulares, temperaturas altas, baixa umidade e uma alta demanda evapotranspirativa, tendo como consequência uma dificuldade no estabelecimento de pastagens, culminando na sazonalidade da oferta de forragens para alimentação animal (IBGE, 2020; ABIEC, 2021).

Dessa forma, a bovinocultura de corte ainda é a principal finalidade nesta região. Onde, ao longo dos anos, tem se destacado com a implementação de tecnologias avançadas, como a inseminação artificial e a melhoria da pastagem nos estados com os maiores rebanhos da região, destacando-se a Bahia e o Maranhão (BEZERRA et al., 2015, p. 55).

Com relação à exigência nutricional dos bovinos, este fator é variável, dependendo sobretudo, da categoria animal e outros fatores, i.e., o consumo de matéria seca, proteína e nutrientes digestíveis totais (Tabela 14).

Tabela 14. Exigências nutricionais de matéria seca, proteína, nutrientes digestíveis totais e extrato etéreo de bovinos em cada etapa produtiva

Etapa produtiva	Exigência nutricional (%)
	Matéria seca
Bezerros (as) até 4 meses	1,8-2,0 do peso corpóreo
Bezerros (as) em crescimento 4-12 meses	1,8-3,0 do peso corpóreo
Novilhos (as) em engorda 12-20 meses	2,0-3,5 do peso corpóreo
Novilhos gestantes >16 meses	3,0- 3,2 do peso corpóreo
Vacas lactantes	3,0-3,5 do peso corpóreo
Reprodutores	3,0-3,5 do peso corpóreo
Etapa produtiva	Proteína
Bezerros (as) até 4 meses	18-19
Bezerros (as) em crescimento 4-12 meses	17-18
Novilhos (as) em engorda 12-20 meses	15-17
Novilhos gestantes >16 meses	19-20
Vacas lactantes	16-17
Reprodutores	14-15
Etapa produtiva	Nutrientes Digestíveis Totais
Bezerros (as) até 4 meses	70-72
Bezerros (as) em crescimento 4-12 meses	57-63
Novilhos (as) em engorda 12-20 meses	63-72
Novilhos gestantes >16 meses	50-57
Vacas lactantes	50-57
Reprodutores	57-65
Etapa produtiva	Extrato Etéreo
Bezerros (as) até 4 meses	1-1,2
Bezerros (as) em crescimento 4-12 meses	2,1-2,3
Novilhos (as) em engorda 12-20 meses	2,5-2,8
Novilhos gestantes >16 meses	3,0-3,5
Vacas lactantes	6
Reprodutores	2,5-3,0

Fonte: NRC (2016)

4.2.2 Ovinos

A ovinocultura é praticada principalmente em regiões áridas e semiáridas, com grande destaque para países como Austrália e Nova Zelândia que possuem cerca de 140 e 70 milhões de cabeças, respectivamente e um consumo de carne bastante acentuado, variando entre 18 e 20 kg/habitante⁻¹ ano⁻¹ (MA et al., 2022). Já em relação ao Brasil, o número do rebanho é bem menor, com 19 milhões de cabeças e um consumo per capita da carne de apenas 0,7kg ano⁻¹ (IBGE, 2020).

A região Nordeste brasileira possui um grande potencial para desenvolvimento da ovinocultura, entretanto, apesar de apresentar o maior rebanho efetivo do Brasil com 13.512.739 de cabeças (IBGE, 2020), este ainda é pouco expressivo se analisado a potencialidade da região, fazendo com que seja importante intensificar a produção de ovinos para atender a demanda interna e, assim, produzir excedentes para exportações (YANG et al., 2020)

Com relação à exigência nutricional dos ovinos (Tabela 15), esta engloba quatro pontos principais os componentes proteicos, energéticos, vitamínicos e minerais e dependem de fatores, como a raça, peso, idade, estado produtivo do animal, ambiente e disponibilidade de forragem (SILVA et al., 2010).

Tabela 15. Exigências nutricionais de proteína, nutrientes digestíveis totais e matéria seca de ovinos em cada fase de desenvolvimento

Fase	Exigência nutricional (%)
	Proteína
Até 4 meses	16
Entre 4 e 8 meses	12
Em gestação	12
lactantes	15-16
Reprodutores	15-16
Fase	Nutrientes digestíveis totais
Até 4 meses	80
Entre 4 e 8 meses	60
Em gestação	60
lactantes	60-65
Reprodutores	55-60
Fase	Matéria seca
Até 4 meses	4,0-4,5
Entre 4 e 8 meses	3,5-4,5
Em gestação	3,0-4,0
lactantes	3,0-3,5
Reprodutores	3,0-3,5

Fonte: NRC (2016).

4.2.3 Caprinos

Com grande destaque nas regiões áridas e semiáridas, a caprinocultura compõe uma parte essencial do agronegócio, fornecendo múltiplos produtos como couro, fibra, carne, leite e derivados e, além disso, propicia o desenvolvimento social e econômico de regiões secas com irregularidades climáticas, como é o caso do semiárido brasileiro (HENTZ et al., 2013).

No Nordeste, o rebanho efetivo de caprinos é de 10.687.777 de cabeças (IBGE, 2020), sendo grande parte destes criados no sistema extensivo, onde consomem em sua maioria alimentos advindos da Caatinga, entretanto, como descrito anteriormente este Bioma está

situado em uma região de condições climáticas extremas com sazonalidade na distribuição de alimentos, dificultando o estabelecimento de forrageiras e, conseqüentemente uma distribuição irregular ao longo do ano (ROGÉRIO et al., 2016).

Com relação à exigência nutricional dos caprinos, este fator varia de acordo com a raça, idade, condição fisiológica (i. e. gestação, lactação), disponibilidade de forragem e sistema de criação (intensivo ou confinado ou extensivo) (Tabela 16).

Tabela 16. Exigências nutricionais de matéria seca, nutrientes digestíveis totais e proteína de caprinos em cada fase de desenvolvimento

Etapa produtiva	Exigência nutricional (%)
	Matéria seca
Cabritos em crescimento	2,5-3,0
Mantença	3,0-4,0
Cabras gestantes	2,8-3,0
Cabras lactantes	3,0-5,0
Reprodutores	4,0-5,0
Etapa produtiva	Nutrientes digestíveis totais
Cabritos em crescimento	65-70
Mantença	60-65
Cabras gestantes	55-60
Cabras lactantes	60-70
Reprodutores	55-60
Etapa produtiva	Proteína
Cabritos em crescimento	16
Mantença	15-16
Cabras gestantes	12-15
Cabras lactantes	10-12
Reprodutores	15-16

Fonte: NRC (2016).

4.3 Práticas agrometeorológicas

Decorrente as adversidades edafoclimáticas do semiárido, as espécies forrageiras apresentam limitações em seu crescimento, devido as altas temperaturas ar, solos rasos e poucos profundos e, ainda a presença do estresse hídrico na maior parte do ano, devido a grande oscilação espaço-temporal das precipitações. Com isso, torna-se necessário a implantação de técnicas resilientes como: o uso de espécies adaptadas ou tolerantes, irrigação complementar e consórcio entre culturas, permitindo maior segurança alimentar (ZHANG et al., 2020).

4.3.1 Espécies adaptadas/tolerantes

A constante intensificação das mudanças climáticas agrava severamente as regiões semiáridas, uma vez que, nestas predominam condições climáticas intrínsecas como

temperatura altas e maiores flutuações nos regimes hídricos. Logo, o uso de espécies adaptadas ou tolerantes as condições presente apresentam um papel importante para garantir eficiência e sustentabilidade nos sistemas agrícolas da região (ALVES et al., 2021). Estas espécies conseguem manter uma produção de biomassa satisfatória mesmo em condições adversas, persistindo por ciclos sucessivos.

Campos et al. (2017) mencionaram que entre as gramíneas de pastejo o capim Buffel se destaca como uma espécie adaptada as condições semiáridas e, além disso a Gliricídia e Leucena possuem grande tolerância as condições edafoclimáticas, exibindo produtividades satisfatórias. Com isso, espécies capazes de manter bons teores produtivos mesmo nas épocas secas, possuindo pouco efeito da estacionalidade no decorrer do ano são uma alternativa bastante importante para aumento na quantidade alimentar dos rebanhos.

4.3.2 Irrigação complementar

A restrição hídrica tem aumentado ano após ano em todo globo, tornando a atividade agropecuária fragilizada. Com isso, torna-se necessário a suplementação hídrica (irrigação) nos cultivos, buscando-se minimizar os efeitos do estresse hídrico e aumentar a capacidade de resposta da cultura, possibilitando maiores produtividades de forragem, e favorecendo alimentos de melhor qualidade para os animais (YANG et al., 2021).

Estrategicamente a água é um recurso limitante no semiárido, por isso a utilização de águas consideradas de baixa qualidade (água salobra) torna-se uma alternativa. Contudo, deve-se atentar a uma série de fatores e, considerar o solo e a cultura a qual irá receber essa fonte hídrica, pois ao ser manejada da forma incorreta, esta prática pode prejudicar todo o sistema de cultivo, tornando a atividade insustentável (EL SHAER, 2010).

Mazahrih et al. (2016) analisaram o acúmulo de forragem no capim-Buffel sob quatro níveis de irrigação (40, 65, 100 e 125% da evapotranspiração de referência- ET_0) em uma região árida do Omã e, verificaram que a lâmina maior (125% ET_0) provocou um acúmulo de 31,72 toneladas $ha^{-1} ano^{-1}$, salientando a alta eficiência do Buffel e, ainda os benefícios da irrigação.

4.3.3 Consórcio

Quanto ao consórcio, este consiste na utilização de duas ou mais espécies na mesma área de cultivo, sendo seu crescimento de forma simultânea, podendo aumentar a produtividade, desde que manejados de forma correta e, ainda, utilizando de forma eficiente os recursos

(SALVADOR et al., 2021). Além disso, esta técnica contribui com o controle biológico de pragas e doenças, uma vez que ocorre uma maior diversidade de espécies na área, ocasionando em grupos biológicos diversos (QUINTINO et al., 2016).

A consorciação entre culturas, busca intensificar a produtividade das forrageiras, aumentando a eficiência do uso de áreas agrícolas e amplificar a disponibilidade nutricional para os rebanhos da região. Quando escolhe-se de maneira correta as espécies e manejo, espera-se que a produtividade seja superior ao monocultivo devido a complementariedade entre elas (DOWLING et al., 2021).

A fim de obter sucesso no consórcio, é essencial prestar atenção principalmente nas espécies utilizadas, uma vez que espécies com características semelhantes irão dificultar o estabelecimento do sistema. Além disso, é necessário considerar os espaçamentos de plantio, épocas de semeadura, disponibilidade de água, fertilidade do solo, manejo de adubação, alelopatia, competição entre espécies (LI et al., 2021). Sendo os consórcios mais comuns são aqueles encontrados entre gramíneas e leguminosas, como milho e feijão, e outras espécies de interesse econômico.

Diniz et al. (2017) mencionaram um incremento produtivo por meio do índice de produtividade do sistema de cerca de 1,65 toneladas de MS ha⁻¹ no cultivo palma-sorgo em relação ao cultivo exclusivo em ambiente semiárido e sob lâminas de irrigação, contudo houve uma redução da produtividade individual da palma, em razão da competição interespecífica entre as culturas por recursos naturais (i.e., água, luz e nutrientes).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após esta revisão, constatou-se que as principais espécies forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro pertencem à família das gramíneas (milho, sorgo, capim elefante, capim buffel e capins do gênero *Megathyrsus*), leguminosas (gliricídia, leucena e feijão-guandu). Essas espécies possuem características bromatológicas específicas que influenciam no planejamento e na tomada de decisão dos produtores em relação à suplementação animal, além de necessitarem de manejos específicos (irrigação e adubação). Essas informações são úteis para ampliar a disponibilidade de forragem ao longo do ano e adaptar-se às sazonalidades climáticas da região semiárida. Portanto, destaca-se a importância de pesquisas de campo mais aprofundadas com culturas adaptadas ou tolerantes, pois elas podem fornecer

entendimento sobre as combinações de práticas agronômicas com diferentes grupos de plantas, permitindo maximizar a produtividade na cadeia produtiva.

6. REFERÊNCIAS

- ABD EL-MAGEED, T. A. et al. Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (*Bicolor L. Moench*) under low moisture regime. **Agricultural Water Management**, v. 208, n. February, p. 431–439, 2018.
- ABD EL-MAGEED, T. A. et al. Consecutive seasonal effect on yield and water productivity of drip deficit irrigated sorghum in saline soils. Saudi **Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2683–2690, 2022.
- ABIEC: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne: Exportações brasileira de carne bovina, disponível em: <<http://www.abiec.com.br/download/Anual%20jan%20a%20mar%202017.pdf>> Acesso em: maio 2022.
- ALARY, V. et al. Assessing the sustainability of livestock socio-ecosystems in the drylands through a set of indicators. **Agricultural Systems**, v. 198, p. 1–16, 2022.
- ALENCAR, F. H. H. de et al. Composição química e digestibilidade da pornunça sob duas fontes de adubação orgânica e cortes. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 215–222, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, C. P. et al. Resiliência agrícola no cultivo consorciado palma-sorgo em ambiente semiárido: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, p. 3932–395, 2021.
- ALVES, F. A. L. et al. Metabolismo fotossintético de variedades de palma forrageira cultivadas no Semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 2, p. 1–12, 2020.
- AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 1, p. 62–71, 2017.
- ANDRADE, B. M. da S. et al. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, p. 1–7, 2015.
- ARAÚJO FILHO, H. J. de et al. Avaliação econômica da terminação de bovinos de corte a pasto, semiconfinados ou em confinamento com dieta de alto grão. **Custos e @gronegocio on line**, v. 15, p. 28, 2019.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N. et al. 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, L. F.; ZANETTI, M. A. (Eds.). *Nutrição Animal*. 1ª ed. Barueri: Manole, 2019.

ÁVILA, S. C. de et al. Suplementação Com Farelo De Girassol Para Ovinos Alimentados Com Silagem De Bagaço De Sorgo Sacarino. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1245–1250, 2013.

AZEVEDO, M. M. R. et al. Characteristics of elephant grass silage (*Pennisetum purpureum* Schum.) with inclusion levels of moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 71418–71433, 2020.

BATTISTON, J. et al. Composição química e cinética de degradação ruminal in vitro de aveia branca cv. URS guapa sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 72, n. 2, p. 581–589, 2020.

BAYÃO, G. F. V et al. Dehydration and chemical composition of Leucena (“*Leucena leucocephala*”) and Gliricidia (“*Gliricidia sepium*”), **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, p. 365–373, 2016.

BEZERRA, F. J. A. et al (org.). **Perfil socioeconômico da Bahia**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2015a.

BITTENCOURT, C. A. et al. Replacement of soybean meal with alternative protein sources in the concentrate supplement for lactating Holstein × Gyr cows in an intensive tropical pasture-based system: Effects on performance, milk composition, and diurnal ingestive behavior. **Livestock Science**, v. 259, n. May 2020, 2022.

BORBUREMA, J. B. et al. Evaluation of elephant grass silages added with pornunça hay. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 17, n. 1, 2016.

BRITO, G. S. M. da S. et al. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.

CABIDDU, A. et al. A quantitative review of on-farm feeding practices to enhance the quality of grassland-based ruminant dairy and meat products. *Animal*, v. 16, p. 100375, 2022.

CÂMARA, C. S. et al. Dietas contendo fenos de leucena ou estilosantes para cabras Anglo-Nubianas de tipo misto em lactação. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 46, n. 2, p. 443–450, 2015.

CAMPOS, F. S. et al. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n. Abril, p. 5004–5013, 2017.

CARNEVALLI, R. A. et al. Growth of *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça as affected by grazing strategies and environmental seasonality. I. Tillering dynamics and population stability. **Crop and Pasture Science**, v. 72, n. 1, p. 55–65, 2021.

CARVALHO, W. F. de et al. Morfogênese e estrutura de capim-Massai em diferentes sistemas de cultivo sob pastejo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 28–37, 2014.

CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424–433, 2014.

CORRÊA, R. D. G. et al. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Sowing operation direction and population densities in corn growing e densidades populacionais no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 183–187, 2019.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. Composição bromatológica de beterraba, capim elefante e farinha de peixe. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 24, n. 3, p. 53–69, 2021.

COSTA NUNES, E. et al. Physico-chemical profiling of edible or sweet cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starches from Brazilian germplasm. **Food Bioscience**, v. 43, n. July, p. 101305, 2021.

COUTINHO, M. J. F. et al. Crescimento e produção do capim massai sob déficit hídrico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35690–35700, 2020.

COSTA NUNES, E. et al. Physico-chemical profiling of edible or sweet cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starches from Brazilian germplasm. **Food Bioscience**, v. 43, n. July, p. 101305, 2021.

CRUVINEL, W. S. et al. Fermentation profile and nutritional value of sunflower silage with *Urochloa brizantha* cultivars in the off-season. **Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents**, v. 7, n. 2, p. 107–15, 2014.

DABUL, ANAINA G.; VEIGA, J. P.; GOBETTI, S. T. C. Characteristics and forms of management of the sudan capim (*Sorghum sudanense*). **Ciência Veterinária**, v. 1, n. 2, 2018.

DANTAS, S. M. et al. Análise Bromatologica do feijão Guandu em sequeiro no semiárido para produção de forragens. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 381–390, 2021.

DIEPERSLOOT, E. C. et al. Effects of seeding rate and hybrid relative maturity on yield, nutrient composition, ruminal in vitro neutral detergent fiber digestibility, and predicted milk

yield of dairy cows in whole-plant corn forage in subtropical conditions. **Applied Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 106–114, 2021.

DINIZ, W. J. DA S. et al. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724–733, 2017.

DOTANIYA, M. L. et al. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 185–194, 2016.

DOWLING, A. et al. Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture – a review. **Field Crops Research**, v. 260, n. December 2019, p. 107980, 2021.

DUBEUX, J. C. B. et al. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, n. February, 2021.

EL SHAER, H. M. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. **Small Ruminant Research**, v. 91, n. 1, p. 3–12, 2010.

FAO, 2019. Trees, forests and land use in drylands: the first global assessment – full report. FAO Forestry Paper No. 184. Rome.

FARIA, R. T. DE et al. PRODUCTIVITY AND QUALITY OF IRRIGATED BRACHIARIA IN FALL/WINTER. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 469–481, 2016.

FENG, Y. et al. Yield and quality properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and their influencing factors in China. **European Journal of Agronomy**, v. 141, n. September, p. 126637, 2022.

FERNANDES, J. S. P. et al. Características estruturais do capim-aruaana em quatro alturas de resíduos. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 71–81, 2017.

FERREIRA, D. A.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. Ruminal degradability of brown-midrib *sorghum-sudangrass* hybrids for cutting and grazing. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 49, n. 1, p. 141–149, 2018.

FERREIRA, G. D. G. et al. Quantitative and qualitative characteristics of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) clones in the semi-arid lands of Pernambuco (Brazil). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 26, n. 1, p. 15–23, 2013.

GALVÃO, J. R. et al. Adubação Potássica Em Híbridos De Sorgo Forrageiro Cultivados Em Sistemas De Manejo Do Solo Na Amazônia Oriental. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 70–79, 2015.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51–57, 2015.

GUO, Y. et al. Identifying crop phenology using maize height constructed from multi-sources images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 115, n. November, p. 103121, 2022.

GUSHA, J. et al. Effect of feeding cactus-legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 1–7, 2015.

HALLI, H. M. et al. Range grasses to improve soil properties, carbon sustainability, and fodder security in degraded lands of semi-arid regions. **Science of the Total Environment**, v. 851, n. May, p. 158211, 2022.

HENTZ, F. et al. Exigências nutricionais de caprinos de corte e sua determinação Fernando. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. Exigências, v. 7, n. 12, p. 12–26, 2020.

HUGHES, M. P. et al. Accuracy of two optical chlorophyll meters in predicting chemical composition and in vitro ruminal organic matter degradability of *Brachiaria* hybrid, *Megathyrsus maximus*, and *Paspalum atratum*. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 67–76, 2017.

HUETE, A. R. et al. Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season. **Geophysical Research Letters**, v. 33, N. 6405, p.1-4, 2006. DOI. 10.1029/2005GL025583.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. 2020. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=31709&t=destaques>. Acesso em: maio de 2022.

IPCC. 2021. **Climate change and water, intergovernmental panel on climate change Technical Report IV**.

JARDIM, A. M. da R. F. et al. Inter-relação das características de manivas na propagação vegetativa de *Manihot glaziovii* em ambiente Semiárido. **Pubvet**, v. 12, n. 9, p. 1–7, 2018.

JARDIM, A. M. da R. F. et al. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, n. February, p. 104464, 2021.

KAMRAN, M. et al. Irrigation and nitrogen fertilization influence on alfalfa yield, nutritive

value, and resource use efficiency in an arid environment. **Field Crops Research**, v. 284, n. October 2021, p. 108587, 2022.

KANG, X. et al. Structure and genetic regulation of starch formation in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 239, n. April, p. 124315, 2023.

KILL-SILVEIRA, R. Manejo ecofisiológico das gramíneas *Megathyrsus maximus* (*Panicum maximum*) cv. Tanzânia, Mombaça e Massai. **Vet. e Zootec.**, v. 28, n. 2, p. 001–014, 2021.

KIRCHNER, J. H. et al. Production function and efficiency in water use in irrigated forage sorghum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, 2019.

LEAL, V. N. et al. Produção e valor nutritivo de forragem de cultivares de capim-elefante em diferentes períodos de rebrotação. **Research, Society and Development**, v. 2020, p. 1–19, 2019.

LEITE, J. H. G. M. et al. Adaptive assessment of small ruminants in arid and semi-arid regions Small. **Ruminant Research**, 2021.

LEITE, M. L. de M. V. et al. Estimativa da área foliar em *Urochloa mosambicensis* por dimensões lineares. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 9, 2017.

LEMOES, A. J. et al. Consumo, comportamento ingestivo, desempenho, características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de cordeiros em terminação alimentados com feno ou silagem de gliricídia. **Archives of Veterinary Science**, n. 2, p. 94–110, 2020.

LIAO, P. et al. Identifying agronomic practices with higher yield and lower global warming potential in rice paddies: a global meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 322, n. September, p. 107663, 2021.

LI, X. et al. The relative impacts of changes in plant density and weather on cotton yield variability. **Field Crops Research**, v. 270, n. 38, p. 108202, 2021.

LIU, B. Y. et al. Sustainable management practices to improve the water use efficiency of winter wheat in the North China Plain: a meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 2, 2022.

LIMA, M. A. et al. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160–170, 2019.

- LIMA, L. R. et al. Growth, water use and efficiency of forage cactus sorghum intercropping under different water depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 113–118, 2018.
- LIMA, M. H. M. E. et al. Características nutricionais de feno de híbridos de sorgo (*Sorghum sudanense* x *Sorghum bicolor*). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 229–234, 2017.
- LUCENA, R. L.; FERRER, É.; GUILHERMINO, M. M. Mitigando os riscos da seca através de ações de recuperação e preservação do bioma caatinga no semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36546–36557, 2021.
- MA, T. et al. Recent advances in nutrient requirements of meat-type sheep in China: A review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 21, n. 1, p. 1–14, 2022.
- MACHADO, H. C.; CAMPOS, N. M.; SANTOS, C. A. P. dos. Análise Do Desenvolvimento E Da Produção Da Cunhã Em Função De Diferentes Tipos De Adubação Orgânica. **Ciência Agrícola**, v. 19, n. 1, p. 25–36, 2021.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. 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, 2021.
- MALAFAIA, G. C. et al. A mensuração do produto interno bruto do complexo da bovinocultura de corte no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 2, p. 1–11, 2021.
- MALEKO, D. et al. Forage growth, yield and nutritional characteristics of four varieties of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the west Usambara highlands, Tanzania. **Scientific African**, v. 6, p. e00214, 2019.
- MANSOOR, U. et al. Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. **Flora**, v. 261, p. 1–11, 2019.
- MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciência Agrária**, v. 9, n. 1, p. 75–93, 2017.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Adubação nitrogenada em capim-massai: Morfogênese e produção. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 1–13, 2015.
- MARTIN, T. N. et al. Caracterização bromatológica de genótipos de milho para silagem. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 363–370, 2012.

- MATOS, L. V. et al. Soil attributes and the quality and yield of ‘Gigante’ cactus pear in agroecosystems of the semiarid region of Bahia. **Journal of Arid Environments**, v. 185, n. July 2020, 2021.
- MENDES, R. da S. et al. Bromatologia de espécies forrageiras no norte tocantinense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1–14, 2010.
- MENEZES, I. R. N. et al. Teleconnections and edaphoclimatic effects on tree growth of *Cedrela odorata* L. in a seasonally dry tropical forest in Brazil. **Dendrochronologia**, v. 72, n. December 2021, 2022.
- MESACASA, A. C. et al. Sunflower cake in multiple supplements for cattle grazing in the dry season: Nutritional characteristics. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1559–1570, 2015.
- MISTURA, C. et al. Composição bromatológica da cunhã cultivada em diferentes doses de calcário dolomítico. p. 4–6, 2019.
- MONÇÃO, F. P. et al. O capim-buffel. **Agrarian**, v. 4, p. 258–264, 2011.
- MOREIRA, J. A. de S. et al. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de acessos de capim-buffel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 391–400, 2015.
- MOURA et al. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. In: XIMENES et al. (Org.) *Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro*. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 85-104.
- NASCIMENTO, J. M. L. do et al. Crescimento inicial e composição bromatológica de plantas de pornuncia adubadas com fósforo e inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 561–571, 2016.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. Washington, DC, USA). **Nutrient requirements of beef cattle**, 7. ed., Washington: National Academy Press, 2016. 242 p.
- NEIVA, J. N. M.; SANTOS, M. V. F. DOS. **FORRAGEIRAS NO BRASIL: Culturas Forrageiras no Brasil: uso e perspectivas**. [s.l: s.n.].
- NEGRI, R. et al. Morphogenesis and tiller density of Aruana grass managed at different heights under sheep grazing. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 2341–2349, 2019.
- OLIVEIRA, L. B. DE; MACÊDO, A. J. DA S.; SANTOS, E. M. Interação Entre Espécies Forrageiras Nativas E Cultivadas Em Condições De Semiárido. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 22, n. 4, p. 127–138, 2019.

OLIVEIRA, A. P. D. et al. Effect of ensiling gliricidia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, n. May, p. 198–209, 2018.

OLIVEIRA, L. B. de et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 61–67, 2010.

OLIVEIRA, S. C. de et al. Efeitos da aplicação da vinhaça em capim aruana (*Panicum maximum* JACQ. CV. Aruana). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1096–1106, 2015.

OLIVEIRA, S. C. DE et al. Efeitos da aplicação da vinhaça em capim aruana (*Panicum maximum* JACQ. cv. Aruana). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1096–1106, 2015.

OLIVEIRA, V. S. et al. Capacidade de suporte, produção e composição do dossel forrageiro de três gramíneas irrigadas ou não no período seco. **Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 1, p. 88–92, 2016.

PAULA, P. R. P. et al. Chemical composition of BRS Capiáçu elephant grass silage with cornmeal inclusion. **Pubvet**, v. 14, p. 148, 2020.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. DE A.; CÉZAR, M. F. Management of the caatinga for the production of goats and sheep. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 77–90, 2013.

PEREIRA, J. de. S. et al. Forage yield, structural responses and chemical composition of spineless cactus orelha de elefante mexicana in different water depths and irrigation frequencies. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, 2021.

PEREIRA, P. D. C. et al. Morfogênese Da Palma Forrageira Irrigada Por Gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184–195, 2015.

PEREIRA, A. VANDER; LÉDO, F. J. DA S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiáçu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 59–62, 2017.

PINHEIRO, A. G. et al. Yield gap and cultivation strategies in improving forage production for the brazilian semi-arid region-review. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2403–2426, 2021.

PINHEIRO, C. M. et al. Perfil Morfológico de Rizóbio Nodulando Cunha (*Clitoria ternatea* L.) em Neossolo Flúvico. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 27–30, 2010.

PINHO, R. M. A. et al. Avaliação de fenos de capim-buffel colhido em diferentes alturas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 437–447, 2013.

QUINTINO, A. DA C. et al. Valor nutritivo de silagem de capim-piatã em monocultivo e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 185–191, 2016.

QUEIROZ, M. G. de et al. Composition of caatinga species under anthropic disturbance and its correlation with rainfall partitioning. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 1, p. 1–10, 2021.

QUEIROZ, M. G. et al. Morphophysiological characteristic and yield of forage cactus under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 931–938, 2015.

RAMOS, A. O. et al. Associação de palma forrageira com feno de maniçoba ou silagem de sorgo e duas proporções de concentrado na dieta de vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 189–197, 2015.

RIBEIRO, P. P. et al. Porcentagem de proteína em suplementos para ovinos mantidos em pasto de capim-aruaana na época seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1779–1786, 2014.

ROGÉRIO, M. C. P. et al. Manejo alimentar de caprinos e ovinos nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 12–26, 2016.

ROSA, I. M. M. F. et al. The impact of animal welfare for agribusiness applied to cattle production in Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 56531–56546, 2021.

ROSA, P. P. et al. Características do Capim Elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiçu. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 70–84, 2019.

RUAN, H. et al. Future climate change projects positive impacts on sugarcane productivity in southern China. **European Journal of Agronomy**, v. 96, n. September 2017, p. 108–119, 2018.

SÁ, M. K. N. de et al. Silagem de palma forrageira com *Gliricidia Sepium*: alternativa alimentar para o Semiárido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e27210212473, 2021.

SÁ, F. V. DA S. et al. Correção De Solo Salino-Sódico Com Condicionadores E Doses De Fósforo Para Cultivo Do Sorgo Sacarino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, n. 5, p. 2854–2865, 2018.

SÁ JÚNIOR, E. H. et al. Características agronômicas de capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com esterco suíno e submetido a duas alturas de corte. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 1, 2018.

- SÁ, F. V. DA S. et al. Correção De Solo Salino-Sódico Com Condicionadores E Doses De Fósforo Para Cultivo Do Sorgo Sacarino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 5, p. 2854–2865, 2018.
- SALVADOR, K. R. da S. et al. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2322–2343, 2021.
- SANTANA, J. C. S. et al. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de fermentação. **Forragicultura e Pastagens**, v. 76, p. 1–9, 2019.
- SANTOS, A. R. M. DOS et al. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 03, p. 758–769, 2023.
- SHARMA, V.; IRMAK, S. Economic comparisons of variable rate irrigation and fertigation with fixed (uniform) rate irrigation and fertigation and pre-plant fertilizer management for maize in three soils. **Agricultural Water Management**, v. 240, 2020.
- SILVA, J. O. N. da et al. Cultivo de genótipos de palma forrageira sob agricultura biossalina como alternativa para incremento do aporte forrageiro do semiárido brasileiro: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. 1–14, 2021a.
- SILVA, T. A. et al. Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 192, n. May, 2021b.
- SILVA, G. M. DA et al. Avaliação de forrageiras tropicais: Revisão. **PubVet**, p. 190–196, 2016.
- SILVA, T. G. F. da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10–18, 2015a.
- SILVA, M. D. A. et al. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 571–578, 2015b.
- SILVA, R. C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 48, n. 3, p. 516–525, 2018.
- SILVA, N. V. da et al. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do brasil [Sheep feeding in semi-arid regions of Brazil]. **Acta Veterinária Brasília**, v. 4, n. 4, p. 233–241, 2010.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, 70(11), 3562–3577, 1992.

SOARES, L. C.; de CASTRO, A. B.; MARTINS, M. V. Potencial antioxidante e valor nutricional das folhas da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller): um estudo de revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 6649–6659, 2022.

SOUZA, M. R. DE M. et al. Protein yield and mineral contents in *Pereskia aculeata* under high-density planting system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. 1–8, 2020.

SOLTAN, Y. A. et al. Potential of mimosine of *Leucaena leucocephala* for modulating ruminal nutrient degradability and methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 223, p. 30–41, 2017.

SOUZA, P. J. et al. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, p. 1–10, 2020a.

SOUZA, M. R. DE M. et al. Protein yield and mineral contents in *Pereskia aculeata* under high-density planting system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. 1–8, 2020b.

SOUZA, A. I. M. et al. Avaliação Do Desenvolvimento Do Sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Em Função De Diferentes Adubos E Densidades De Plantas Aos 60 E 90 Dias De Emergência. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 29671–29677, 2021.

SOUZA, E. L. DE et al. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. **Nutri-Time**, v. 15, n. 1983–9006, p. 8272–8284, 2018.

SURENDRAN, U. et al. Improved sugarcane productivity with tillage and trash management practices in semi arid tropical agro ecosystem in India. **Soil and Tillage Research**, v. 158, p. 10–21, 2016.

SOUZA, F. R. de et al. Agronomic characteristics of sunflower crops intercropped with *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 1, p. 110–116, 2015.

SOUZA, R. I. de; RADIS, A. C.; BARBOSA, J. F. Substituição do Farelo de Trigo por Farelo de Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata*) em dietas para frango de corte. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

SUDENE-Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do semiárido. (2021). Disponível: <<http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>.

TOMMASINO, E. et al. Individual and combined effects of drought and heat on antioxidant parameters and growth performance in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 104–111, 2018.

Uzcátegui-Varela, J. P. et al. Nutritional assessment of tropical pastures as a sustainability strategy in dual-purpose cattle ranching in the South of Lake Maracaibo, Venezuela. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 7, p. 432–439, 2022.

Valdivié-Navarro, M. et al. Review of Moringa oleifera as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, v. 260, n. October 2019, p. 114338, 2020.

Wanderley, W. L. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 2, p. 444–456, 2012.

Vargas Junior, F. M. et al. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 295–298, 2012.

Wang, L. et al. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China. **Agricultural Water Management**, v. 243, n. December 2019, 2021.

Yadav, L. P.; Gangadhara, K.; Apparao, V. V. Evaluation of drumstick variety Thar Harsha under rainfed semi-arid conditions for growth, yield and quality along with antioxidant potentiality and nutrient content. **South African Journal of Botany**, v. 148, p. 112–122, 2022.

Yang, C. T. et al. Updating maintenance energy requirement for the current sheep flocks and the associated effect of nutritional and animal factors. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 295–302, 2020.

Yang, W. et al. Increasing rainfed wheat yield by optimizing agronomic practices to consume more subsoil water in the Loess Plateau. **Crop Journal**, v. 9, n. 6, p. 1418–1427, 2021.

Zhang, H. et al. Comparison of feeding value, ruminal fermentation and bacterial community of a diet comprised of various corn silages or combination with wheat straw in finishing beef cattle. **Livestock Science**, v. 258, n. January, p. 104876, 2022.

Zhang, Y. et al. Effects of organic ground covers on soil moisture content of urban green spaces in semi-humid areas of China. **Alexandria Engineering Journal**, v. 60, n. 1, p. 251–259, 2021.

ZHANG, Z. et al. Optimizing agronomic practices for closing rapeseed yield gaps under intensive cropping systems in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 5, p. 1241–1249, 2020.

ZUAZO, V. H. D. et al. Deficit irrigation strategies for subtropical mango farming. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 1, 2021.

CAPÍTULO 2- SUPORTE FORRAGEIRO DE GRAMÍNEAS E DE ESPÉCIES FONTE DE PROTEÍNA EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE AMBIENTAL

RESUMO: A variação da disponibilidade de forragem é um dos principais entraves da atividade pecuária em várias regiões do mundo, em especial, em ambientes com déficit hídrico estacional ou anual. Assim, o conhecimento de fatores condicionadores da sazonalidade da produção de forragem é estratégico para a escolha das melhores intervenções de manejo, planejamento forrageiro e intensificação sustentável da pecuária. Logo, neste estudo, investigou-se o rendimento de forragem, parâmetros de crescimento, capacidade diária de suporte forrageiro e viabilidade econômica de gramíneas (pastejo ou silagem) e de espécies fonte de proteína (leguminosas e euforbiáceas) sob diferentes condições meteorológicas e regimes hídricos sazonal e anual. O estudo foi conduzido no semiárido brasileiro durante várias safras entre os anos de 2020 e 2023. Para isso, dois campos experimentais foram conduzidos: o experimento I disposto em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo composto gramíneas (pastejo e ensilagem) e espécies fonte de proteína impostas a uma lâmina de irrigação com base em 100% da evapotranspiração de referência (ET_0). O experimento II foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo composto por quatro regimes hídricos (25, 50, 75 e 100% ET_0) em associação a capins para pastejo e espécies para ensilagem. Como achados: o capim Tanzânia, o BRS Capiçu e a Gliricídia apresentaram maiores rendimentos de matéria seca 27,4, 111,3 e 36,2 Mg ha⁻¹ respectivamente, possibilitando uma maior capacidade de suporte tanto de bovinos como de caprinos/ovinos. O consórcio entre Buffel-Sorgo-Feijão-guandu foi mais eficiente no rendimento de matéria seca (44,5 Mg ha⁻¹). A lâmina de 25% ET_0 favoreceu o maior benefício/custo para o Buffel e a de 50% ET_0 para Aruana, Sorgo e Pornunça. Todas as unidades produtivas do experimento I apresentaram viabilidade econômica, destacando-se o capim Tanzânia (pastejo), BRS Capiçu (ensilagem) e Gliricídia (fonte de proteína). No experimento II todas as lâminas mostraram viabilidade econômica, evidenciando 100% ET_0 (BRS Capiçu), 75% ET_0 (BRS Kurumi) e 50% ET_0 (Sorgo). O desenvolvimento e rendimento de forragem varia de acordo as mudanças sazonais e de regime hídrico.

Palavras-chave: análise de crescimento, consórcio, irrigação, sazonalidade, sustentabilidade, viabilidade econômica.

CHAPTER 2- FORAGE SUPPORT OF GRASS AND PROTEIN SOURCE SPECIES ACCORDING TO ENVIRONMENTAL SEASONALITY

ABSTRACT: Variation in forage availability is one of the main obstacles to livestock farming in various regions of the world, especially in environments with seasonal or annual water deficits. Therefore, knowledge of the factors that condition the seasonality of forage production is strategic for choosing the best management interventions, forage planning and sustainable intensification of livestock farming. Therefore, this study investigated the forage yield, growth parameters, daily forage carrying capacity and economic viability of grasses (grazing or silage) and protein source species (legumes and euphorbiaceae) under different weather conditions and seasonal and annual water regimes. The study was conducted in the Brazilian semi-arid region during several harvests between 2020 and 2023. For this, two experimental fields were conducted: experiment I was laid out in a randomized block design with four replications, consisting of grasses (grazing and silage) and protein source species imposed on an irrigation rate based on 100% of the reference evapotranspiration (ET_0). Experiment II was laid out in a randomized block design with four replications, consisting of four water regimes (25, 50, 75 and 100% ET_0) in association with grasses for grazing and species for silage. The findings were that Tanzania grass, BRS Capiáçu and Gliricidia had higher dry matter yields of 27.4, 111.3 and 36.2 Mg ha⁻¹ respectively, enabling them to support more cattle and goats/ sheep. The Buffel-Sorghum-guandu bean consortium was more efficient in terms of dry matter yield (44.5 Mg ha⁻¹). The level of 25% ET_0 favored the greatest benefit/cost for Buffel and 50% ET_0 for Aruana, Sorghum and Pornunça. All the production units in experiment I showed economic viability, with Tanzania grass (grazing), BRS Capiáçu (silage) and Gliricidia (protein source) standing out. In experiment II, all the blades showed economic viability, with 100% ET_0 (BRS Capiáçu), 75% ET_0 (BRS Kurumi) and 50% ET_0 (Sorghum) standing out. The development and yield of forage varies according to seasonal and water regime changes.

Keywords: growth analysis, consortium, irrigation, seasonality, sustainability, economic viability.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das mudanças climáticas ao longo dos anos tem levado a um aumento na frequência e gravidade de eventos climáticos extremos (IPCC, 2021). Estes eventos impactam negativamente o desempenho produtivo das culturas agrícolas, sobretudo de regiões áridas e semiáridas (FUST; SCHLECHT, 2022). Estas regiões são habitadas por mais de dois bilhões de pessoas e, correspondem a cerca de 40% de toda a extensão global terrestre, apresentando intensas limitações para a atividade agropecuária procedentes das constantes oscilações climáticas sazonais e interanuais (ALVES et al. , 2022; DUBEUX JÚNIOR et al., 2021; PIRASTEH-ANOSHEH et al., 2023).

No Semiárido brasileiro, umas das principais atividades desenvolvidas é a pecuária, caracterizada pelo sistema extensivo com predominância de caprinos e ovinos, os quais possuem como principal fonte de volumoso, a Caatinga (SOUZA et al., 2021). Porém, o caráter estacionário da produção de forragem nesse bioma é marcado pela sazonalidade, acarretando baixa capacidade de suporte forrageiro, tornando a atividade fragilizada, sendo necessário técnicas para ampliar a disponibilidade de forragens para os rebanhos (MOREIRA et al., 2015; SBRISSIA et al., 2020).

Em geral o sistema de produção de ruminantes contempla alimentos concentrados e volumosos, onde os volumosos são aqueles que apresentam maiores teores de fibra bruta, sendo encontrados em capins de pastejo (buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana), BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum* S. cv. BRS Kurumi)), gramíneas de ensilagem/capineiras como o sorgo forrageiro [*Sorghum sudanense* Piper., *Sorghum bicolor* (L.) Moench.], capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), milho (*Zea mays* L.), Walp.), e, ainda em alimentos fenados como a alfafa (*Medicago sativa* L.) (SOUZA; CVALETT; JUNQUEIRA, 2022). Desta forma, ponderando além da questão quantitativa e, buscando também um equilíbrio nutricional, é necessário o estabelecimento de diferentes espécies forrageiras com diferentes características, uma vez que a qualidade da forragem é um importante fator para atingir índices zootécnicos satisfatórios (ANJOS et al., 2016).

Com o intuito de uma suplementação proteica de menor custo na dieta dos animais, o cultivo de áreas com leguminosas, os conhecidos bancos de proteína são importantes ferramentas que auxiliam o produtor na diversificação alimentar. Neste contexto, é necessário utilizar espécies que apresentem adaptabilidade as condições como a gliricídia [(*Gliricidia sepium* (Jacq.)), o feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], a leucena [*Leucaena*

leucocephala (Lam.) de Wit] (MARSHALL; LEWIS; OSTENDORF, 2012; CÂMARA et al., 2015; SILVA et al., 2023). Contudo, algumas leguminosas como a Gliricídia apresentam uma baixa aceitabilidade pelos animais em razão dos seus compostos voláteis, sendo necessário manejos como a fenação/ensilagem ou ainda, a adaptação dos animais a esta espécie (OLIVEIRA et al., 2018). Além da função alimentar, as leguminosas também possuem a capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN), diminuindo a necessidade de adubação nitrogenada e, ainda o potencial de recuperação de áreas degradadas (ANDRADE et al., 2015; CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2020).

Entretanto, o desempenho produtivo destas espécies depende das condições ambientais do local a qual estão submetidas associadas ao manejo utilizado. Em geral, plantas forrageiras mantidas sob condição estressante como altas temperaturas e déficit hídrico, diminuem o aparato fotossintético, de modo que, quanto mais tempo submetida a tais estresses menor será sua capacidade de expressarem seus potenciais produtivos e de crescimento (SBRISSIA et al., 2020). Portanto, o uso de práticas agrometeorológicas como a irrigação e o consórcio podem além de remediar tais efeitos ainda potencializam a produção de biomassa destas espécies, proporcionando uma menor estacionalidade na oferta de forragem (PEREIRA et al., 2015; ZHANG et al., 2020).

Dessa forma, vários relatos da literatura (AMORIM et al., 2017; HU et al., 2023; KAMRAN et al., 2022; QUEIROZ et al., 2015; (ZUAZO et al., 2021) demonstraram a importância do uso da irrigação no desempenho das culturas. Esta tecnologia contribui com um aumento substancial no rendimento e, além disso proporciona uma maior porcentagem de folha, altura e maior relação folha/caule na alfafa (KAMRAN et al., 2022; WU et al., 2022) e milho (SONG et al., 2022). Entretanto, deve-se atentar em relação a qualidade das fontes utilizadas, uma vez que água com altos teores salinos podem provocar um decréscimo na biomassa vegetal das culturas (PIRASTEH-ANOSHEH et al., 2023). Neste contexto, irrigações com água com condutividade elétrica acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ provocam danos severos a maioria das culturas, causando uma redução no crescimento e na produtividade de cerca de 70% (PIRASTEH-ANOSHEH et al., 2023). Ademais, a utilização de águas consideradas de qualidade inferior de maneira desordenada pode ocasionar em uma diminuição da fertilidade e aumentar a susceptibilidade de erosão do solos, além de contaminação do lençol freático (LI et al., 2022; WASIM; NAZ; ZEHRA, 2022).

Outro fator que contribui significativamente nas respostas do crescimento e produtividade das culturas é a sazonalidade ambiental. Dessa forma, estudos realizados com gramíneas tropicais relataram que no verão há um maior acúmulo de forragem aliado a uma menor senescência foliar, enquanto que do fim do inverno ao fim da primavera houve uma redução de cerca de 90% no acúmulo de forragem, atrelando-se a menor altura das plantas, resultante de menores taxas de precipitações pluviais e maiores temperaturas do ar (SBRISSIA et al., 2020; SILVA et al., 2021; MONCADA et al., 2022).

O entendimento das características produtivas e de desenvolvimento de plantas forrageiras mediante práticas de manejo e as variações sazonais presentes em um ambiente de cultivo é fundamental, favorecendo os produtores na escolha das espécies, além do tipo de manejo empregado. É essencial conhecer as características de rendimento e de evolução das espécies em um ambiente sujeito a tantas modificações de regime hídrico, assim, culturas de melhor aproveitamento hídrico, principalmente aquelas que apresentam melhor desempenho na utilização dos recursos e na sua conversão em biomassa (CABIDDU et al., 2022; MOORBY; FRASER, 2021).

Diante disso, testamos a hipótese de que as plantas forrageiras podem modular seus processos de desenvolvimento e acúmulo de forragem de acordo com as estratégias de manejo e a disponibilidade de fatores de crescimento (e.g., sazonalidade ambiental ao longo do ano), reduzindo a variabilidade na produção de forragem. Sendo assim, objetiva-se avaliar a influência das variações sazonais e do regime hídrico no desenvolvimento e acúmulo de forragem de espécies forrageiras e suas implicações na capacidade de suporte forrageiro. Para isso, determinou-se (a) rendimento de forragem, (b) parâmetros de crescimento, (c) capacidade de suporte forrageiro dos arranjos de cultivo, (d) viabilidade econômica do uso da irrigação complementar.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1 Área experimental

O estudo foi desenvolvido no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e outras Plantas Forrageiras – Centro REF, localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada situada no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (7°56'20" S; 38°17'31" O e 499 metros de altitude) (Figura 1).

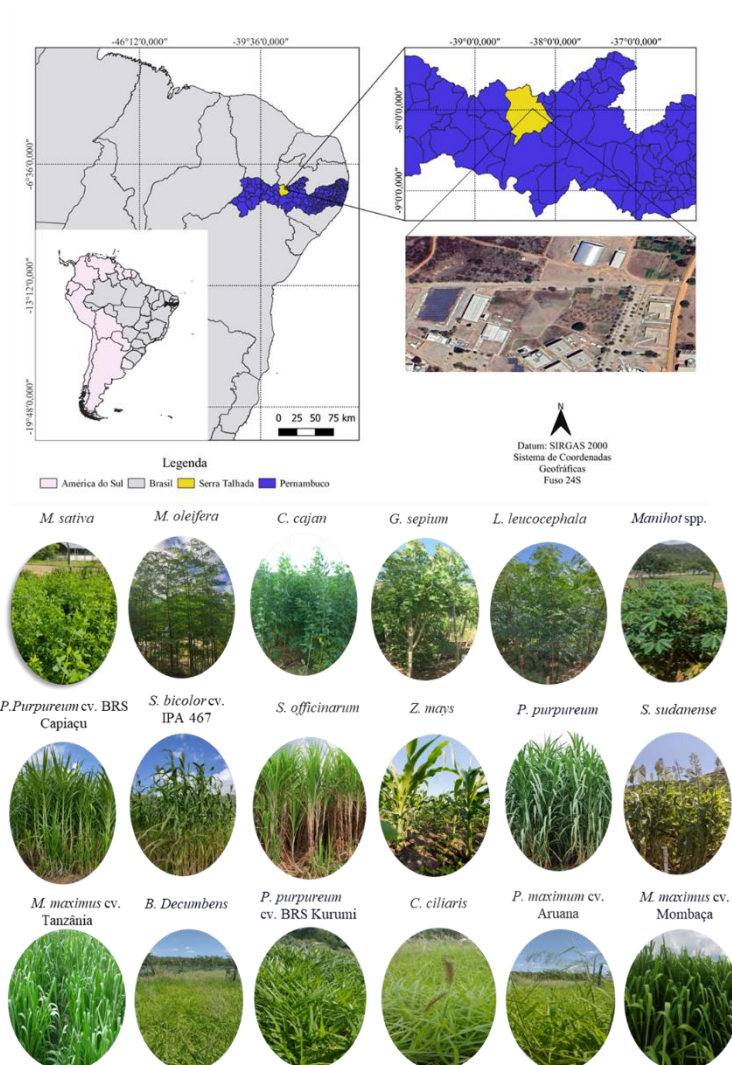


Figura 1. Delimitação geográfica do estado de Pernambuco, Serra Talhada e localização da área de estudo. **Fonte:** Elaborado pela autora, 2023.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h' (semiárido quente), apresentando chuvas no verão e uma longa estação seca predominante (ALVARES et al., 2013), com temperatura do ar variando entre 20,1 a 32,9 °C, com precipitação pluvial média de 642 mm ano⁻¹ e demanda evapotranspirativa média de 1.800 mm ano⁻¹, provocando um déficit médio de 1.1584 mm ano⁻¹ (SILVA et al., 2015). O solo predominante da área experimental é o Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), apresentando as seguintes características físico-químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas de um Cambissolo Háplico na camada de 0,00 – 0,20 metros, localizado em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

Propriedades físicas									
pp -----g cm ⁻³ -----		Ø ----%----	Areia				Silte		Argila
			-----g kg ⁻¹ -----						
1,45		42,27	828,6				148,3		23,1
Propriedades químicas									
pH	C.E	C	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	V
	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmolc dm ⁻³ -----					%
5,95	0,33	4,6	168,9	13,8	1,09	3,5	1,90	20,9	97,2

pp: densidade da partícula; Ø: porosidade total; C.E.: condutividade elétrica do extrato desaturação; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação de bases.

2.2 Design e tratamentos experimentais

A pesquisa foi dividida em dois campos experimentais, sendo o experimento I composto por capins para pastejo, espécies fonte de proteína, espécies destinadas a silagem e sistemas consorciados e o Experimento II, composto por capins para pastejo, gramíneas para silagem e uma euforbiácea submetidas a diferentes lâminas de irrigação suplementar. O delineamento experimental utilizados em ambos os experimentos foi em blocos casualizados, dispostos em quatro repetições.

No experimento I, o semeio dos capins para pastejo [Buffel (*Cenchrus ciliaries* L.), Mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça), Tanzânia (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia), Braquiária (*Brachiaria Decumbens*) e Mix de capins) ocorreu em linhas espaçadas em 0,5 metros, sendo as parcelas compostas por uma área de 3, 75 m² com uma área útil de 1,88 m². Já as gramíneas destinadas a ensilagem [Milho (*Zea mays* L.), Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], BRS Capiáçu (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Capiáçu) e Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)] foram implantadas de duas maneiras, Milho e Sorgo por semeio e BRS Capiáçu e Capim Elefante por propagação vegetativa (colmos), dispostas em uma área de 18 m² com uma área útil de 10 m². As informações referentes a datas de plantio, datas de rebrota e tempo estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição das datas de plantio e colheita de leguminosas, capins para pastejo, gramíneas para ensilagem e sistemas consorciados.

Espécies	Datas de plantio	Datas de colheita (duração do ciclo em dias)
Leguminosas		
Alfafa	20/10/2020	07/01/2021 (79); 11/02/2021 (35); 10/03/2021 (27); 14/04/2021 (35); 07/05/2021 (23); 11/06/2021 (35); 09/07/2021 (28); 29/07/2021 (20); 31/08/2021 (33); 29/09/2021 (29); 29/10/2021 (30); 01/12/2021 (33); 23/12/2021 (22); 31/01/2022 (39); 28/02/2022 (28); 04/04/2022 (35); 19/05/2022 (45); 29/06/2022 (41); 02/08/2022 (34); 23/08/2022 (21); 20/09/2022 (28); 17/10/2022 (27); 14/11/2022 (28); 07/12/2022 (23).
Gliricídia	24/11/2020	29/07/2021 (247); 10/11/2021 (104); 02/03/2022 (112); 29/06/2022 (119); 27/10/2022 (120); 18/01/2023 (83).
Moringa	30/11/2020	06/05/2021 (157); 05/10/2021 (152); 20/12/2021 (76); 26/05/2022 (157); 20/09/2022 (117); 21/12/2022 (92); 28/03/2023 (97).
Leucena	01/12/2020	06/05/2021 (156); 05/10/2021 (152); 20/12/2021 (76); 02/03/2022 (72); 31/05/2022 (90); 13/09/2022 (105); 06/12/2022 (84); 28/03/2023 (84).
Feijão-guandu	20/10/2020	16/03/2021 (147).
	22/06/2021	10/11/2021 (141).
	14/02/2022	26/07/2022 (162).
Capins para pastejo		
Braquiária	20/10/2020	21/12/2020 (62); 18/02/2021 (59); 05/04/2021 (46); 17/06/2021 (73); 31/08/2021 (75); 10/11/2021 (71); 31/01/2022 (82); 04/04/2022 (63); 07/06/2022 (64); 05/09/2022 (90); 17/10/2022 (42); 23/11/2022 (37); 23/01/2023 (61); 13/03/2023 (49).
Buffel	30/10/2020	21/01/2021 (83); 16/03/2021 (54); 29/04/2021 (44); 17/06/2021 (49); 31/08/2021 (75); 31/01/2022 (153); 04/04/2022 (63); 20/05/2022 (46); 26/07/2022 (67); 17/10/2022 (83); 06/12/2022 (50); 23/01/2023 (48); 13/03/2023 (49).
Mombaça/Tanzânia	30/10/2020	21/01/2021 (83); 01/03/2021 (39); 02/04/2021 (32); 14/05/2021 (42); 29/07/2021 (76); 04/10/2021 (67); 24/11/2021 (51); 31/01/2022 (68); 04/04/2022 (63); 07/06/2022 (64); 05/09/2022 (90); 18/10/2022 (43); 23/11/2022 (36); 19/12/2022 (26); 23/01/2023 (35); 13/03/2023 (49).
Consórcios de capins	22/07/2021	31/08/2021 (40); 24/11/2021 (85); 31/01/2022 (68); 06/04/2022 (65); 07/06/2022 (62); 05/09/2022 (90); 18/10/2022 (43); 23/11/2022 (36); 19/12/2022 (26); 23/01/2023 (35); 13/03/2023 (49).
Gramíneas para ensilagem		
Sorgo Ponta Negra	20/10/2020	11/02/2021 (114); 06/05/2021 (84); 29/07/2021 (84); 01/12/2021 (125); 04/03/2022 (93); 09/06/2022 (97).
BRS Capiacu	30/11/2020	29/04/2021 (150); 27/08/2021 (120); 04/02/2022 (161); 09/06/2022 (125); 11/10/2022 (124); 04/01/2023 (85).
Capim elefante	21/10/2020	19/08/2021 (121); 29/04/2021 (69); 18/08/2021 (111); 17/12/2021 (121); 04/03/2022 (77); 07/06/2022 (95); 11/10/2022 (126); 04/01/2023 (85).
Milho	20/10/2020	25/01/2021 (97).
	10/02/2021	13/05/2021 (92).
	28/09/2021	03/01/2022 (97).
Cana-de-açúcar	15/02/2021	23/12/2021 (311); 18/10/2022 (299).
Buffel+Sorgo		
Buffel	05/02/2021	12/04/2021 (66); 29/07/2021 (108); 08/10/2021 (71); 03/12/2021 (56); 04/02/2022 (63); 05/04/2022 (60); 02/06/2022 (58); 23/08/2022 (82); 19/10/2022 (57); 28/11/2022 (40); 01/02/2023 (65).
Sorgo	05/02/2021	17/05/2021 (101); 29/07/2021 (73); 03/12/2021 (127); 11/04/2022 (129); 22/07/2022 (102).
Buffel+Guandu		
Buffel	05/02/2021	12/04/2021 (66); 29/07/2021 (108); 08/10/2021 (71); 03/12/2021 (56); 04/02/2022 (63); 05/04/2022 (60); 02/06/2022 (58); 23/08/2022 (82); 19/10/2022 (57); 28/11/2022 (40); 01/02/2023 (65).
Guandu	05/02/2021	18/06/2021 (133).
Buffel+Sorgo+Guandu		
Buffel	05/02/2021	12/04/2021 (66); 29/07/2021 (108); 08/10/2021 (71); 03/12/2021 (56); 04/02/2022 (63); 05/04/2022 (60); 02/06/2022 (58); 23/08/2022 (82); 19/10/2022 (57); 28/11/2022 (40); 01/02/2023 (65).
Guandu	05/02/2021	18/06/2021 (133).
Sorgo	05/02/2021	17/05/2021 (101); 18/08/2021 (73); 03/12/2021 (127); 11/04/2022 (129); 22/07/2022 (102).

As espécies fonte de proteína [Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp), Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), Moringa (*Moringa oleifera*, Lam.) foram inicialmente semeadas em sacos plásticos (25 × 15 cm), contendo uma mistura de areia e esterco

bovino 2:1 (v:v). Para as sementes da leucena foi realizado a quebra de dormência utilizando H_2SO_4 por imersão durante 20 minutos, em seguida, lavadas em água corrente e colocadas para secar a sombra e, posteriormente foi realizado o semeio. As mudas foram levadas ao campo em aproximadamente 90 dias e implantadas em um espaçamento de 1,0 entre linhas e 0,5 metros entre plantas. O Feijão-guandu foi semeado em um espaçamento entre linhas de 1,0 metro e entre linhas de 0,5 m em numa área de 18 m². Já a alfafa foi semeada em covas de 0,03 m de profundidade em um espaçamento entre fileiras de 0,5 m, disposta em área de 9,0 m² com uma área útil de 6,0 m².

Para os sistemas consorciados (Tabela 2) utilizou-se três configurações, sendo: Buffel-Sorgo-Feijão-guandu (BSF), Buffel-Feijão-guandu (BF) e Buffel-Sorgo (BS). O Feijão-guandu e o Sorgo foram semeados a 0,25 m do capim Buffel em covas e sulcos com profundidade de 0,05 m, respectivamente. Cada bloco consistia em uma área de 1,80 m².

Para o experimento II, o semeio dos capins para pastejo [Buffel (*Cenchrus ciliaries* L.), e Aruana (*Megathyrsus maximus* cv. Aruana)] ocorreu em linhas espaçadas em 0,25 m, sendo as parcelas compostas por uma área de 3,75 m² com uma área útil de 2,75 m². O BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Kurumi) também com a finalidade de pastejo, foi propagado por meio de propagação vegetativa (colmos) em um espaçamento de 0,25 entre linhas e 0,50 entre plantas, disposto em uma área de 3,75 m². As gramíneas destinadas a ensilagem [Sorgo Sudão (*Sorghum sudanense*) e BRS Capiáçu (*Pennisetum purpureum* cv. BRS Capiáçu)] foram arrançadas em parcelas de 12 m², sendo o sorgo semeado em linhas espaçadas em 1,0 m, após isso realizado o desbaste, deixando 20 plantas por metro linear. Já o BRS Capiáçu foi propagado por meio de propagação vegetativa (colmos) com um espaçamento entre linhas de 1,0 metro.

Já quanto a Pornunça (*Manihot* spp.), inicialmente foram adquiridas estacadas de cerca de 20 cm de comprimento e ~2 cm de espessura, em seguida foram colocadas em sacos plásticos (25 x 15 cm), contendo uma mistura de areia e esterco bovino 2:1 (v:v). Após cerca de 60 dias, onde ocorreu a brotação das folhas e o desenvolvimento das raízes foi levada ao campo e, disposta em um espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 1,0 m entre linhas. As informações referentes a datas de plantio, datas de rebrota e tempo estão dispostas na tabela 3.

Tabela 3. Descrição das datas de plantio e colheita de espécies forrageiras.

Espécies	Datas de plantio	Datas de colheita (duração do ciclo em dias)
Capins para pastejo		
Aruana	02/08/2022	13/10/2022 (72); 23/12/2022 (71).
BRS Kurumi	10/06/2022	06/10/2022 (118); 09/12/2022 (64); 03/03/2023 (84).
Buffel	08/07/2022	13/10/2022 (97); 23/12/2022 (71).
Gramíneas para ensilagem		
Sorgo Sudão	08/07/2022	15/09/2022 (69); 16/12/2022 (92).
BRS Capiacu	10/06/2022	18/11/2022 (161); 24/02/2023 (98).
Euforbiácea		
Pornunça	27/09/2022	13/01/2023 (108); 10/03/2023 (56).

Para o corte das culturas dos dois experimentos foram considerados alguns aspectos intrínsecos a destinação principal e, também fatores inerentes ao desenvolvimento da espécie. Foram considerados como critérios de colheita as alturas de entrada e saída para o caso das gramíneas destinadas ao pastejo; Aruana 70 cm e 30 cm; Buffel 80 cm e 20 cm; Braquiária 50 cm e 20 cm; Mombaça 80 cm e 30, BRS Kurumi 100 cm e 40 cm e Tanzânia 90 cm e 30 cm, respectivamente. Para as gramíneas para ensilagem foram consideradas as alturas para o BRS Capiacu e capim Elefante (3,5 - 4,0 m); Milho e Sorgo (grão farináceo) e para a Cana-de-açúcar Índice de Maturação (IM) entre 0,85 e 1,0. Para o Feijão guandu considerou-se 100% das plantas com floração e aparecimento das primeiras vagens, Alfafa 20% das plantas em floração e (Gliricídia, Moringa e Leucena) quando apresentavam entre 2,5 e 3,0 m, onde nesta ocasião os ramos secundários contém baixo percentual de lignificação. Já para a Pornunça foi considerada ideal para o corte quando as plantas estavam plenamente floridas.

2.3 Manejo hídrico e cultural

Anteriormente aos plantios das culturas, o solo foi arado, gradeado e sulcado. Após isso, foi realizado o semeio e plantio das culturas. As adubações foram realizadas nos sulcos/covas de plantio, conforme as necessidades das culturas, de acordo com as recomendações de CAVALCANTI et al. (2008). Sendo assim, foi utilizada doses de N-P-K em kg ha⁻¹ iguais a 0-40-30 para as leguminosas, 80-60-80 para capins de pastejo, 20-60-30 para cana-de-açúcar, 30-40-20 para milho e sorgo, 40-60-80 para o BRS Capiacu, BRS Kurumi e capim elefante e para a pornunça 15-30-20, sendo utilizadas como fontes a ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A irrigação foi realizada por meio de um sistema por gotejamento com vazão de $1,57 \text{ Lh}^{-1}$, a uma pressão de 100 kPa, coeficiente de uniformização de aplicação de 92% e emissores espaçados a 0,20 m entre si, sendo aplicada às segundas, quartas e sextas-feiras no período da manhã. Ressalta-se que a irrigação era cessada quando a precipitação pluvial era superior a maior lâmina a ser aplicada, neste caso 100% da evapotranspiração de referência - ET_0 .

A água aplicada na irrigação foi classificada como C_3S_1 conforme Richards (1954), apresentando condutividade elétrica média igual de $1,62 \text{ dS m}^{-1}$ e concentração de $\text{Na}^+ = 168,66 \text{ mg L}^{-1}$ e $\text{K}^+ = 28,17 \text{ mg L}^{-1}$ e pH 6,84, portanto, água de alta salinidade e baixo teor de sódio e, sendo proveniente de um poço artesiano, situado próximo aos campos experimentais.

Para o experimento I, a irrigação foi fundamentada na evapotranspiração de referência (ET_0) levando em conta 100% da ET_0 , sendo estimada pela equação de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO (PM - FAO56) (ALLEN et al., 1998). Com isso, cada ciclo e cada cultura arranjada neste experimento recebeu distintas quantidades de água, sendo em média 297,7 mm (Braquiária), 302,8 mm (Buffel), 269,6 mm (Mombaça e Tanzânia), 244,8 mm (Mix), 533 mm (Sorgo Ponta Negra), 620,7 mm (BRS Capiáçu), 503,4 mm (Capim- Elefante), 552,8 mm (milho), 1460,1 mm (Cana-de-açúcar), 172,2 mm (Alfafa), 630,1 mm (Gliricídia), 644,3 mm (Moringa), 517,7 mm (Leucena) e 700,3 mm (Feijão-guandu) (Figura 2, 3 e 4).

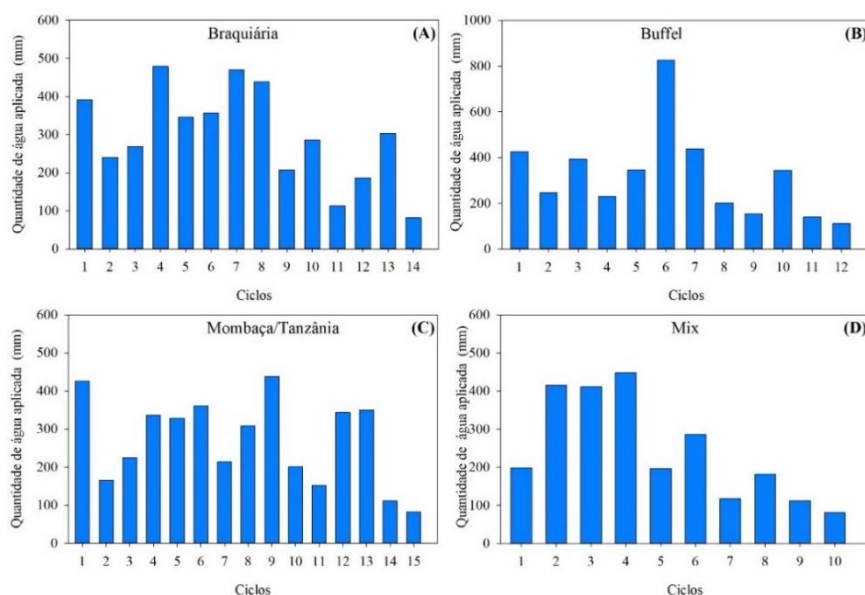


Figura 2. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Braquiária (A), Buffel (B), Mombaça/Tanzânia (C) e Mix (D) em cada ciclo de cultivo no semiárido.

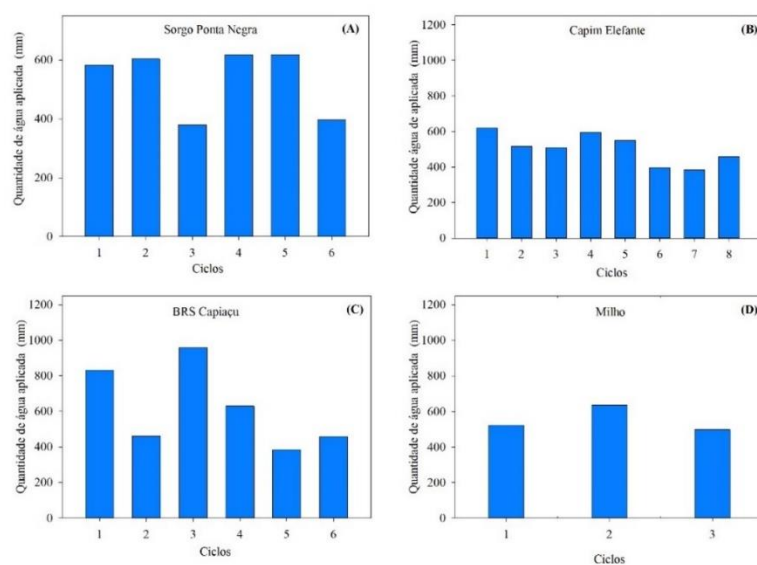


Figura 3. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Sorgo Ponta Negra (A), Capim Elefante (B), BRS Capiacu (C) e Milho (D) em cada ciclo de cultivo no semiárido.

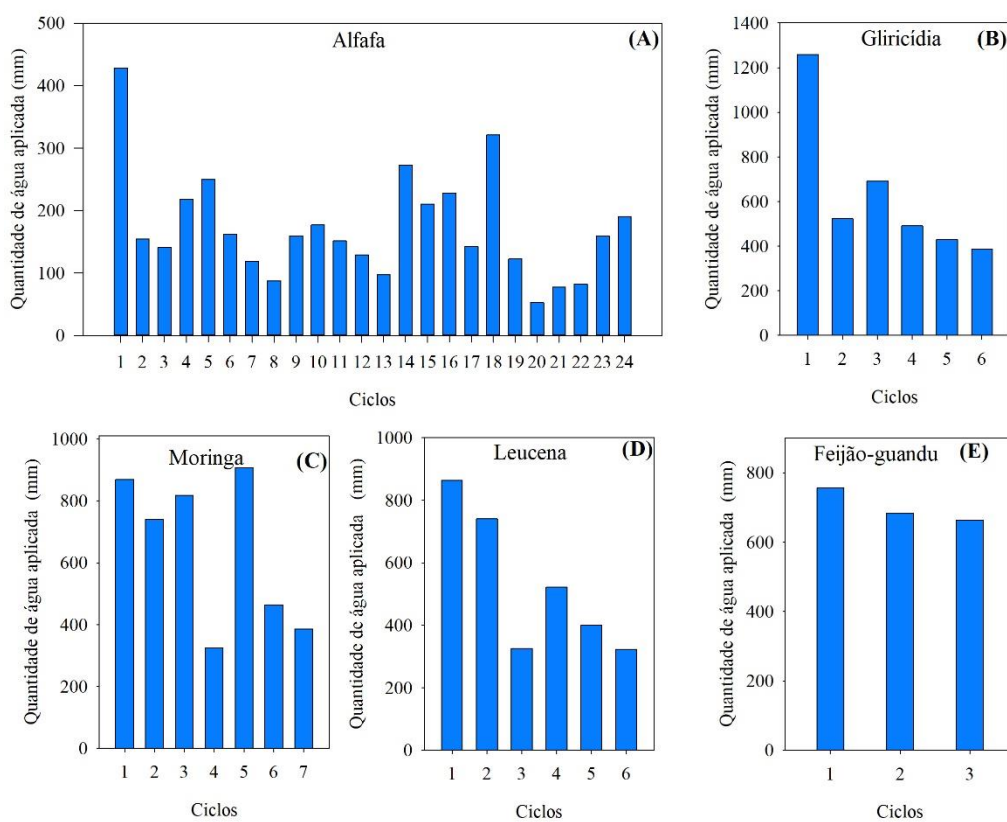


Figura 4. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), Alfafa (A), Gliricídia (B), Moringa (C), Leucena (D) e Feijão-guandu (E) em cada ciclo de cultivo no semiárido.

Já no experimento II, a irrigação foi baseada em lâminas de irrigação, considerando 25, 50, 75 e 100% da ET_0 , sendo ET_0 obtida pela metodologia citada anteriormente. Dessa forma, cada espécie disposta neste experimento recebeu diferentes quantias de água em cada ciclo de condução, assim como em cada tratamento aplicado. Os valores médios foram: BRS Kurumi 207,4 mm (25% ET_0), 249,3 mm (50% ET_0), 266,5 mm (75% ET_0), 283,6 mm (100% ET_0); Buffel: 232 mm (25% ET_0), 250,6 mm (50% ET_0), 269,1 mm (75% ET_0), 287,7 mm (100% ET_0); Aruana 177,6 mm (25% ET_0), 196,1 mm (50% ET_0), 214,7 mm (75% ET_0), 233,2 mm (100% ET_0); Sorgo 218,4 mm (25% ET_0), 236 mm (50% ET_0), 253,6 mm (75% ET_0), 271,3 mm (100% ET_0); BRS Capião 303,3 mm (25% ET_0), 328,1 mm (50% ET_0), 352,8 mm (75% ET_0), 377,5 mm (100% ET_0); Pornunça 240,4 mm (25% ET_0), 261,3 mm (50% ET_0), 282,1 mm (75% ET_0), 302,9 mm (100% ET_0) (Figura 5).

No decorrer da condução experimental foram realizados tratos culturais para o controle de pragas e doenças e plantas daninhas, e reparos quando necessários no sistema de irrigação.

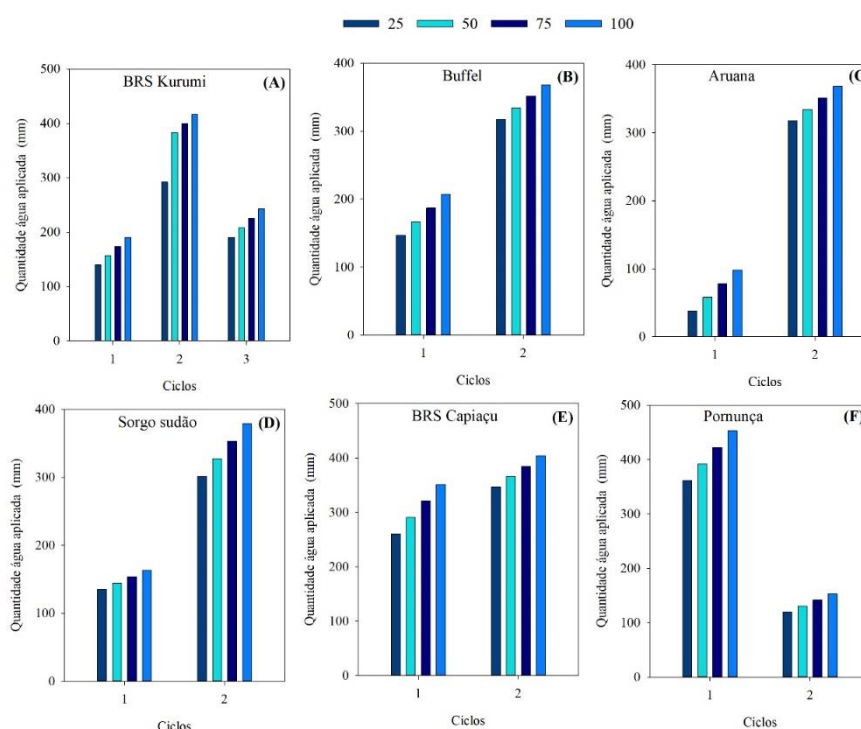


Figura 5. Total de água (Precipitação pluvial + Irrigação), BRS Kurumi (A), Buffel (B), Aruana (C), Sorgo sudão (D), BRS Capião (E) e Pornunça (F) em cada ciclo de condução no semiárido.

2.4 Coleta de dados

2.4.1 Dados meteorológicos

Durante o período experimental, o comportamento das variáveis meteorológicas foi monitorado diariamente por meio de uma estação meteorológica automática, localizada nas proximidades da área experimental, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

No experimento I, os sistemas receberam uma lâmina de irrigação acumulada de 2503,5 mm e, somando-se a precipitação pluvial o total recebido foi de 4517,9 mm. Já no experimento II, as lâminas de irrigação recebidas pelo sistema para os tratamentos de 25% ET_0 , 50% ET_0 , 75% ET_0 e 100% ET_c foram iguais 207,7 mm, 338,8 mm, 470,2 mm e 601,6 mm, respectivamente e, quando soma-se a irrigação o sistema recebeu 940,2 mm (25% ET_0), 1071,6 mm (50% ET_0), 1203 mm (75% ET_0) e 1334,4 mm (100% ET_0) (Figura 6).

Durante a condução experimental do experimento I, a evapotranspiração de referência (ET_0), radiação solar global, temperatura do ar e umidade do relativa do ar, médias foram 4,59 mm dia⁻¹, 20,29 MJ m⁻² dia⁻¹, 26,3 ° C e 61,8 %, respectivamente. Este experimento teve duração de 2 anos e 5 meses, iniciando em outubro de 2020 e finalizando-se em março de 2023.

Já no que se refere ao experimento II, este foi conduzido de junho de 2022 a março de 2023 (9 meses) com medias para evapotranspiração de referência, radiação solar global, temperatura do ar e umidade do relativa do ar de 4,0 mm dia⁻¹, 20,1 MJ m⁻² dia⁻¹, 26 ° C e 66,4 %, respectivamente.

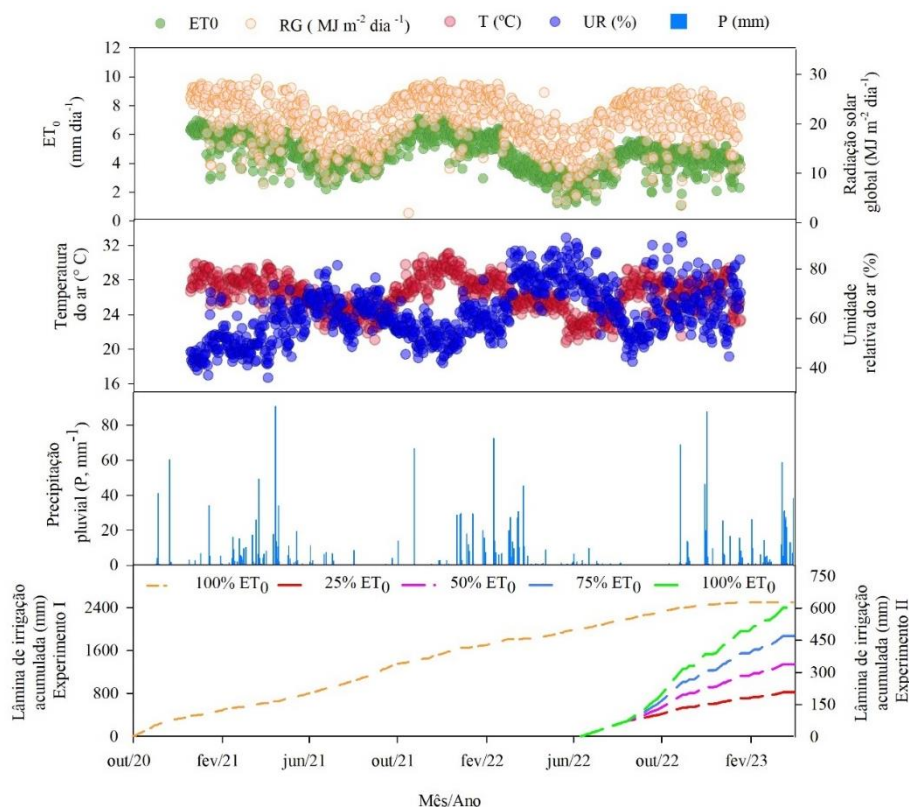


Figura 6. Evapotranspiração de referência [ET_0 (mm dia^{-1})]; Radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); Temperatura do ar ($^{\circ} \text{C}$); Umidade relativa do ar (%); Precipitação pluvial (mm), lâmina irrigação acumulada (mm) para o experimento I, durante o período de outubro de 2020 a março de 2023 e lâminas de irrigação acumuladas (mm) para o experimento II no período de junho de 2022 a março de 2023 em Serra Talhada, PE.

2.4.2 Análises biométricas e de biomassa

No experimento I, os dados biométricos foram obtidos na ocasião da colheita e os seguintes parâmetros foram mensurados: altura da planta [AP (cm) - mensurado rente ao solo até o final da panícula]; largura da planta [LP (cm) - obtida a partir da média das duas maiores extremidades da planta]; espessura do colmo [EC (mm) - obtido a cinco cm a cima do solo]; número de folhas vivas [NFV (unidades), número de folhas mortas [NFM (unidades)] e comprimento da folha três mais [CF3+ (cm) - obtido a partir do maior comprimento da folha, sendo esta a terceira folha localizada no ápice para a base e com maior atividade fotossintética]; largura da folha três mais [LF3+ (cm) - obtido a partir da maior largura da folha em maior atividade fotossintética] para o sorgo foram mensurados o comprimento e largura da panícula [

CP e LP (cm)] , sendo este valor obtido a partir da mensuração da inserção da panícula até sua extremidade final. Além disso, para a cultura do milho foi contabilizada o número de espigas [NE (unidades)]. As medidas (AP, LP, CF3+, LF3+, CP e LP) foram feitas com auxílio de uma fita métrica, EC com paquímetro e, NFM, NFM e NE contabilizadas no momento da avaliação.

Para aquisição dos dados referente a produtividade de matéria seca e teor de água, inicialmente foi realizado o corte e fracionamento de duas plantas de cada bloco em folhas vivas e mortas, colmo e panícula (sorgo) e quando milho a espiga; para as demais culturas folhas vivas e mortas e caules/ colmo. Em seguida, as frações foram acondicionadas em sacos de papel kraft e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura constante de 65 °C, até as amostras apresentarem peso constante (SADEGHPOUR et al., 2013).

Com a finalidade de obter a produtividade, a princípio contabilizou-se as plantas na área útil, com isso possibilitou realizar a estimativa da densidade final de plantas por hectare e a estimativa da produtividade em matéria fresca (PMF) por hectare. Já para as gramíneas de pastejo, realizou-se o corte da área útil em cada bloco e pesou-se em seguida para estimar a produtividade por hectare.

No experimento II, as análises biométricas foram realizadas a cada 15 dias e os seguintes parâmetros foram medidos para as culturas do sorgo, BRS Capiacu e BRS Kurumi: altura (AP), largura (LP), espessura do colmo (EC), número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM) e comprimento (CF3+) e largura (LF3+) de folha 3+, além de largura (LP) e comprimento (CP) da panícula (sorgo). Para as gramíneas de pastejo (Buffel e Aruana) foram mensurados: altura, espessura do colmo, número de folhas vivas e mortas e comprimento e largura de folha 3+; para a Pornunça foi medido a altura, largura, espessura, número de folhas vivas e mortas, número de bifurcações e largura e comprimento da folha, situada no terço médio da planta.

Com o objetivo de obter a produtividade, pesou-se a área útil de cada parcela em cada tratamento (Aruna e Buffel) e para BRS Capiacu, BRS Kurumi e Sorgo pesou-se 8 plantas representativas por parcela. Já para a pornunça foi pesada duas plantas por parcela em cada tratamento. Assim foi possível estimar a produtividade em matéria fresca (PMF) por hectare.

Para obtenção dos dados de produtividade de matéria seca e teor de água, foi realizado o fracionamento (folhas vivas e mortas, caule/colmo e panícula) de duas plantas por parcela em cada tratamento. Em seguida, as frações foram acondicionadas em sacos de papel kraft e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura constante de 65 °C, até as amostras apresentarem peso constante (SADEGHPOUR et al., 2013).

A partir do processamento dos dados de matéria seca foi possível calcular a taxa de acúmulo de diária de forragem, considerando a relação entre o rendimento de matéria seca (g m^{-2}) e a duração do ciclo em dias.

2.4.3 Viabilidade econômica

Para a viabilidade econômica foi realizado um levantamento dos valores das compras com equipamentos e insumos em comércios de produtos agropecuários, constituindo o orçamento total. Sendo esta análise realizada a partir da simulação de um período de oito anos, período este de durabilidade do sistema de irrigação. Considerou equipamentos: tubulações, conexões, conjunto moto-bomba, filtros e válvulas da sucção ao recalque. Além dos custos com a implantação (preparo do solo e sementes) e condução (defensivos e adubação) das culturas.

Foram computados os custos fixos de irrigação (sucção e recalque) e produção (Serviços: preparo do solo, defensivos agrícolas e semeadura, Insumos: adubos e sementes) e, os custos variáveis (Energia elétrica, depreciação dos componentes do sistema, mão de obra e manutenção do sistema. Para o cálculo dos custos de depreciação (DC) dos equipamentos foi usada a equação de Fernandes et al. (2008):

$$DC = \frac{[(VAC) - (0.2 * VAC)]}{VU} \quad (1)$$

Em que, DC = depreciação do componente do sistema (R\$); VAC = valor de aquisição do componente (R\$); VAC = valor residual ou de sucata (R\$); VU = vida útil (anos). O valor residual ou de sucata foi calculado por 20% do valor de compra do componente.

Os custos com energia elétrica (CEE) foram calculados considerando o valor do kW/h (R\$ 0,5451) pela companhia elétrica de Pernambuco (CELPE) (2022), para classe rural irrigante durante o dia, tempo em horas anuais de funcionamento do equipamento (média 219 h ano^{-1}) e potência exigida do conjunto motobomba (3 cv), pela equação de Mendonça, (2001):

$$CEE = V_{kWh} \times T_x \times \left(\frac{736 \times Pot}{1000 \times \eta} \right) \quad (2)$$

Em que, CE = custo com energia (R\$); V_{kWh} = valor do kWh (R\$); T = tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada tratamento; Pot = potência do conjunto moto-bomba (cv) e η = rendimento do conjunto motobomba (decimal).

Para o cálculo dos custos com mão de obra e manutenção dos sistemas foram utilizadas as equações de Fernandes et al. (2008) e Keller & Bliesner (1990), conforme descrição a seguir:

$$CMO = AS \times EMS \times SM \quad (3)$$

$$CMC = VPM \times VAC \quad (4)$$

Em que, CMO = custo anual de mão de obra (R\$); AS = área do sistema (ha); EMS = exigência média de mão de obra do sistema (número de homens por ha); SM = salário mínimo atual brasileiro, incluindo os encargos tributários (R\$); CMC = custo anual de manutenção dos componentes do sistema (R\$); VPM = valor percentual médio anual para manutenção dos componentes do sistema (decimal); e VAC = valor de aquisição do componente (R\$). Os valores EMS utilizados foram: gotejamento (0,04 homem ha⁻¹), e VPM: tubulações enterradas (0,5%), tubulações em superfície (1%), estruturas (1,5%), motobombas (6%), emissores (7%) e filtros (8%).

Não foram considerados os custos relacionados ao consumo de água, uma vez que na região da simulação ainda não há cobrança pelo uso da água ou exigência de outorga para o seu uso. Assim, foram obtidos os custos totais receita bruta e líquida e a relação benefício/custo por meio das equações:

$$CTP = \sum (CF + CV) \quad (5)$$

Em que, CTP = custos totais de produção (R\$); CF = custos fixos (R\$); CV = custos variáveis (R\$).

$$RB = Y \times \text{valor}Y \quad (6)$$

$$RL = RB - CT \quad (7)$$

$$BC = \frac{RL}{CT} \quad (8)$$

Em que: RB = receita bruta obtida pela venda da forragem (R\$); Y = produtividade da forragem (tonelada/ha); valorY = valor da tonelada (R\$); RL = receita líquida (R\$); CT = custo total (R\$); BC = benefício/custo (R\$); quando a relação benefício/custo é >1 , indica viabilidade econômica; TR= tempo de retorno do investimento inicial (anos).

2.5 Análise de dados e estatística

Para o experimento I, os dados (espessura do colmo, número de folhas vivas e mortas, comprimento foliar, número de perfilhos, altura de planta, índice de área foliar, rendimento de matéria fresca e seca e a taxa de acúmulo de forragem) de cada espécie obtidos na ocasião da colheita foram submetidos a análise de variância, utilizando como fator de variação os ciclos, posteriormente, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Para o experimento II, os dados coletados a cada 15 dias (altura de planta, número de folhas vivas e mortas e área foliar) foram parametrizados e feitos ajustes de curvas de regressão de modelo sigmoidal, aplicando como critério a significância do modelo ($p < 0,05$) e coeficiente de determinação transcendente a 0,85 para assim determinar as taxas de desenvolvimento diário. Ainda no experimento II, os rendimentos de matéria fresca e seca e a taxa de acúmulo de forragem obtidos na ocasião da colheita foram submetidos a análise de variância, empregando uma análise fatorial associada a uma regressão, sendo os fatores: capins para pastejo associados as lâminas de irrigação (25%ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀) e gramíneas para ensilagem associadas as lâminas de irrigação. Já para a pornunça foi empregada análise de regressão. Um nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$) foi definido para todas as análises estatísticas. Todas as análises estatísticas foram realizadas a partir da utilização dos programas R (R Core Team, 2019). Os gráficos foram confeccionados no programa SigmaPlot 14.0 (SYSTAT SOFTWARE INC., 2013) e a tabulação e organização dos dados com o Microsoft Excel® (2016).

3. RESULTADOS

3.1 Rendimento, componentes biométricos e capacidade de suporte do experimento I

3.1.1 Capins para pastejo

O número de folhas mortas (NFM), comprimento foliar (CF), espessura do colmo (EC), número de perfilhos, rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) durante a condução nos diferentes ciclos, sendo os maiores valores para NFM encontrados nos ciclos um, dois, sete, oito e treze,

CF nos ciclos um e quatro, EC nos ciclos quatro, sete, oito e onze e taxa de acúmulo de forragem nos ciclos dois, três e quatorze (Figura 7).

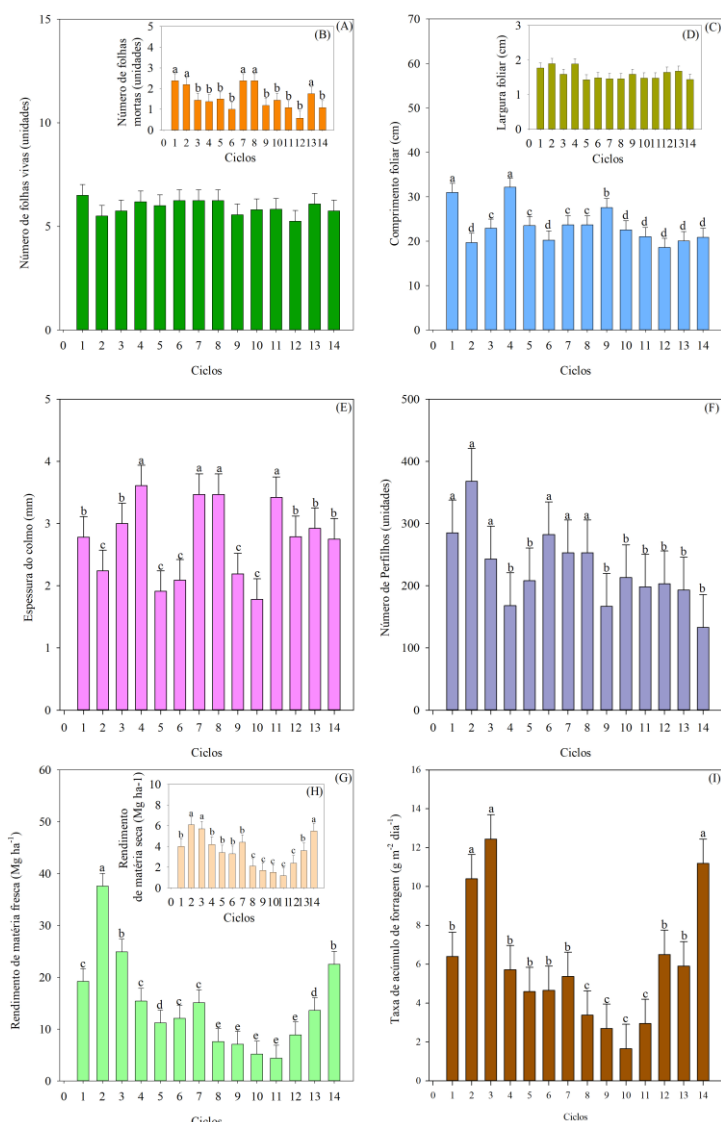


Figura 7. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Braquiária em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

Já para o número de perfilhos, os ciclos um, dois, três, seis, sete e oito proporcionaram maiores quantidades, enquanto que a MS foi maior nos ciclos um, dois e quatorze. A MF apresentou o maior valor apenas no ciclo um e, os menores valores do ciclo oito ao doze entre os meses de abril a novembro (Figura 7 A, B, C, D, E, F, G, H e I).

Todas as variáveis descritas para o capim Buffel apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) durante os diferentes ciclos avaliados (Figura 8). Dessa forma, os ciclos um e seis

favoreceram maiores valores para o número de folhas vivas, o sete para número de folhas mortas e, um, quatro e onze para a largura foliar, enquanto que o menor comprimento foliar foi verificado no ciclo dez (Figura 8A, B, C e D).

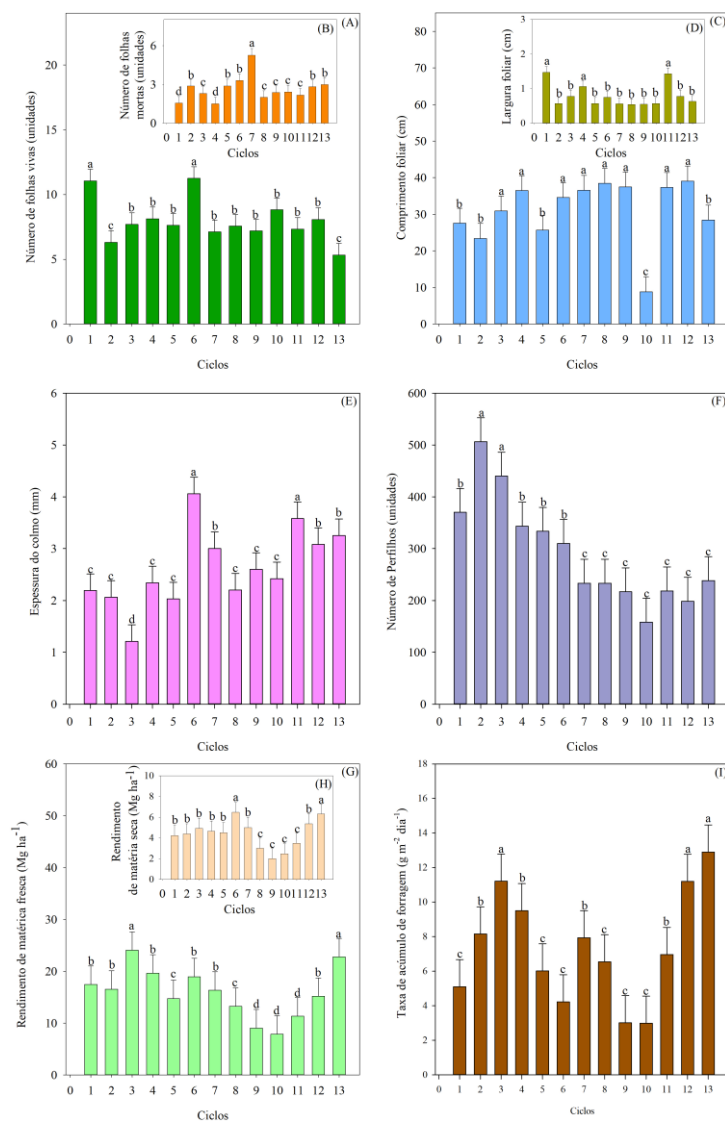


Figura 8. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Buffel em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A espessura do colmo foi maior nos ciclos seis e onze, número de perfilhos nos ciclos dois e três, rendimento de matéria fresca nos ciclos três e treze, rendimento de matéria seca nos ciclos seis e treze, ao passo que os ciclos três, doze e treze proporcionaram valores superiores para taxa de acúmulo de forragem (Figura 8E, F, G, H e I). Sendo as maiores quantidades de

matéria fresca verificadas nos meses iniciais do ano entre o verão e outono e, as menores entre o inverno e a primavera (Figura 8 G).

O número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM), comprimento (CF) e largura foliar (LF), espessura do colmo (EC), número de perfilhos, rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) durante os ciclos de condução para o capim Mombaça (Figura 9).

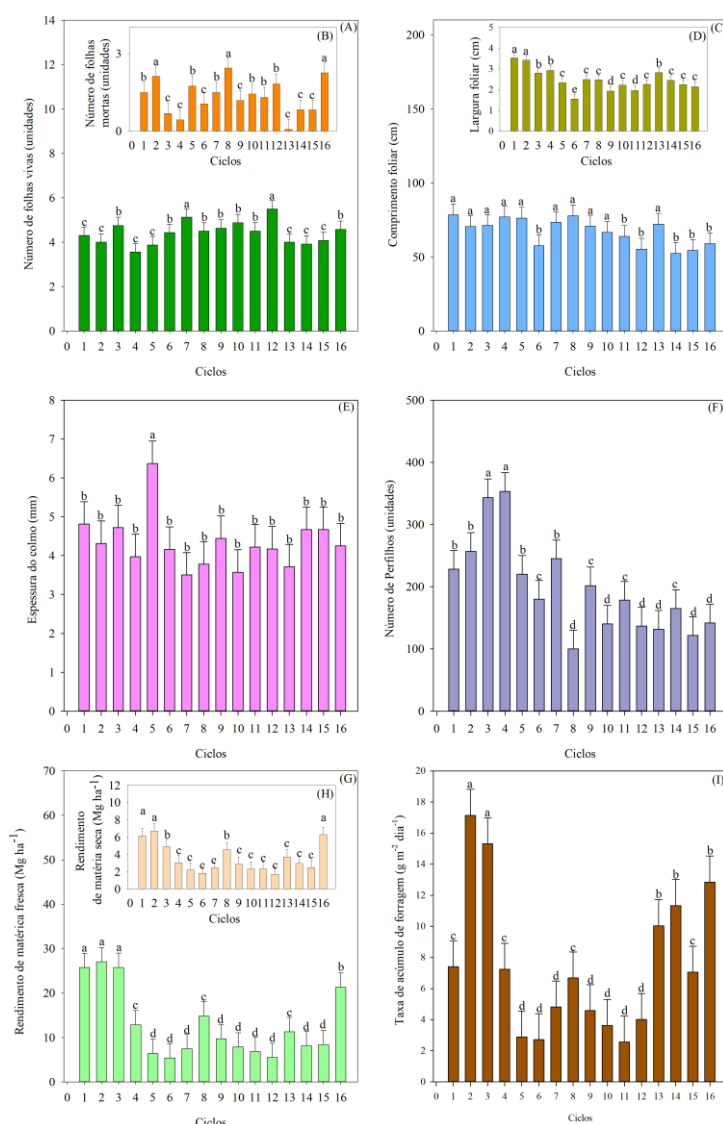


Figura 9. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Mombaça em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

Verificou-se que NFV foi maior nos ciclos sete e doze, NFM nos ciclos dois, oito e dezesseis, LF nos ciclos um e dois, enquanto que para CF, 10 apresentaram valores

significativos (Figura 9A, B, C e D). A EC foi maior nos ciclos seis, o número de perfilhos nos ciclos três e quatro, MF nos ciclos um, dois e três, MS nos ciclos um, dois e 16 e a taxa de acúmulo de forragem nos ciclos dois e três (Figura 9E, F, G, H e I).

O número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM) comprimento (CF) e largura foliar (LF), espessura do colmo (EC), número de perfilhos, rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) durante os ciclos de condução para o capim Tanzânia (Figura 10).

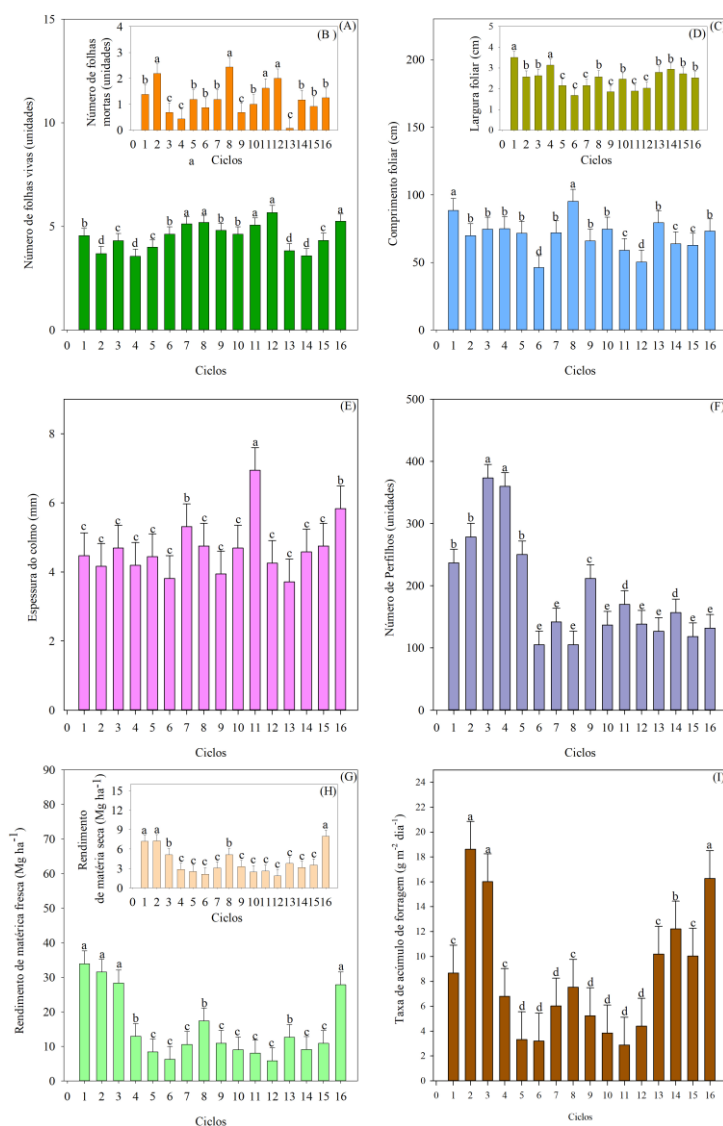


Figura 10. Componentes biométricos e rendimento forrageiro do capim Tanzânia em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

Observou que os ciclos sete, oito, onze, doze e dezesseis proporcionaram maiores valores para NFV. Os ciclos dois, oito, onze e doze para NFM, um e oito para CF, um e quatro para LF, onze para EC, ao passo que os ciclos três e quatro possibilitaram valores superiores para o número de perfilhos (Figura 10A, B, C, D, E e F). Os ciclos um, dois, três e dezesseis, propiciaram maiores valores para MF e, os ciclos um, dois e dezesseis para MS, enquanto que a taxa de acúmulo de forragem foi maior nos ciclos dois, três e dezesseis (Figura 10G, H e I).

O rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) quando avaliadas nos diferentes ciclos de condução do mix de capins (Figura 11). Verificou-se que os ciclos três, quatro e onze favoreceram valores superiores de MF e MF (figura 11A e B). Já a taxa de acúmulo de forragem foi maior nos ciclos nove e onze (Figura 11C).

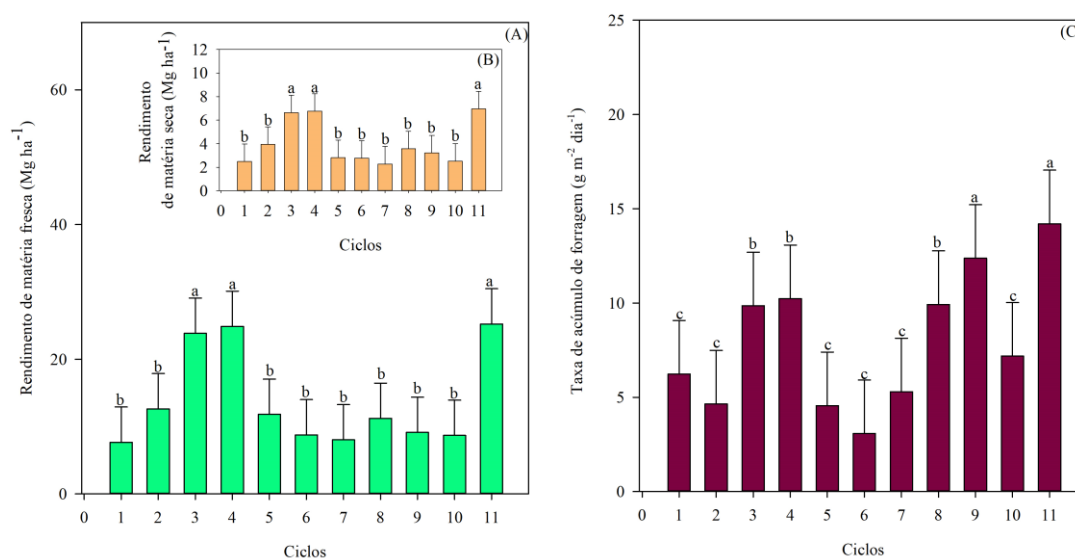


Figura 11. Rendimento forrageiro e taxa de acúmulo de forragem de mix de capins em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

De uma forma geral os capins de pastejo tiveram médias de 5,8; 5,6; 6,7 e 6,5 ciclos por ano respectivamente para Braquiária; Buffel; Mombaça/Tanzânia e mix de capins com produtividades de matéria seca de 21,4; 24,4; 24,2, 27,4 e 25,9 (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) para Braquiária, Buffel, Mombaça, Tanzânia e mix, respectivamente.

Ao considerar o cálculo para o suporte de uma pastagem são necessários alguns atributos como a produtividade ha⁻¹ ano⁻¹ da espécie em questão e o consumo UA⁻¹ ano⁻¹. Nesta situação,

irá ser considerado uma unidade animal de 450 kg para bovino e 50 kg para caprinos/ovinos com um consumo diário de 10% do seu peso vivo, levando em consideração a produtividade de matéria fresca dos capins analisados.

Sendo assim, o capim Braquiária apresentou uma capacidade de suporte ($\text{UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de 5,4 e 48,8, o Buffel de 5,4 e 48,7, Mombaça 1,5 e 13,4, Tanzânia 6,4 e 57,3 e o mix de capins 5,4 e 48,9, respectivamente para bovino e caprino/ovino. Dessa forma, a capacidade de suporte destes capins varia conforme a categoria animal, ou seja, as pastagens trabalhadas neste estudo comportam mais caprinos/ovinos do que bovinos e, a produtividade de matéria fresca de cada capim.

3.1.2 Gramíneas para ensilagem

A altura de planta (AP), rendimento matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) durante os diferentes ciclos de condução do Sorgo Ponta Negra (Figura 12). Os valores maiores de AP foram observados nos ciclos dois e cinco com 319,38 e 285,38 cm respectivamente, enquanto que o ciclo dois favoreceu os valores superiores para MF, MS e taxa de acúmulo de forragem (Figura 12A, F, G e I).

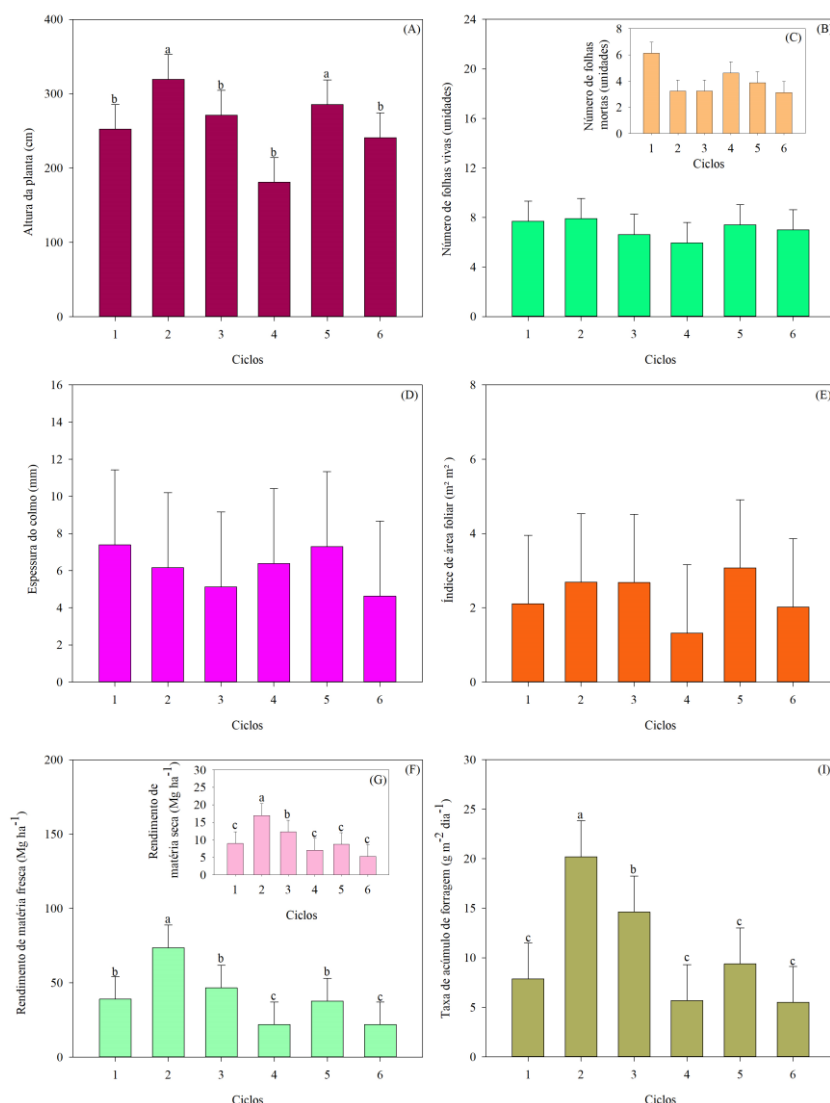


Figura 12. Constituintes biométricos e rendimento de forragem de Sorgo Ponta Negra em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM), espessura do colmo (EC), o índice de área foliar (IAF), rendimento matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas quando avaliadas nos diferentes ciclos para o BRS Capiaçu ($p < 0,05$) (Figura 13). Os ciclos um e dois propiciaram maiores valores para EC com 21,25 e 18,81 mm, respectivamente, ao passo que o ciclo um favoreceu o NFV, os ciclos três e quatro para NFM e, dois, quatro e seis para a taxa de acúmulo de forragem (figura 13B, C, D e I).

Além disso, foi verificado que os quatro primeiros ciclos apresentaram valores superiores para AP com uma média de 367 cm, reduzindo a partir do quinto ciclo com 287 cm.

Os quatro primeiros ciclos também favoreceram os maiores valores para IAF, MF e MS com uma média de 12,8 m² m⁻²; 175,1 Mg ha⁻¹ e 44,5 Mg ha⁻¹ respectivamente (Figura 13A, E, F e G).

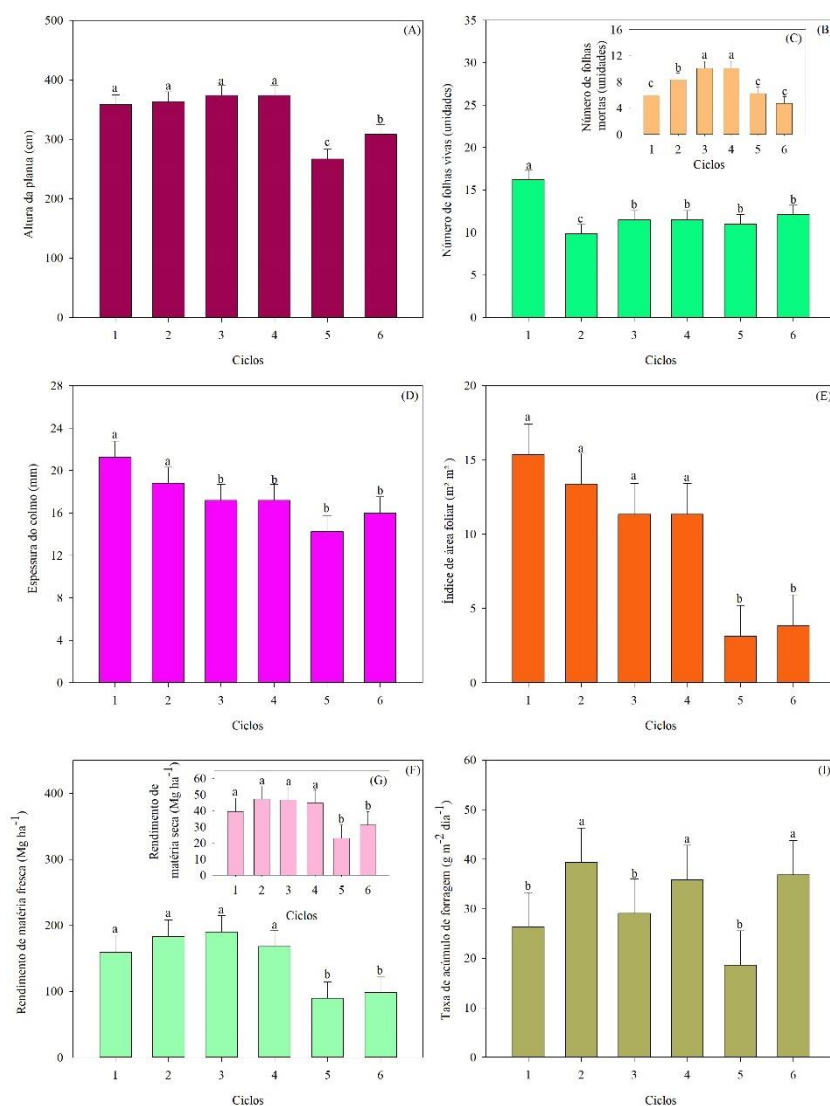


Figura 13. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do BRS Capiáçu em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM), o rendimento de matéria seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas quando avaliadas nos diferentes ciclos para o Capim Elefante ($p < 0,05$) (Figura 14). Com isso, os ciclos dois, três e oito favoreceram maiores para AP e, seis e sete para NFM. Enquanto que os ciclos três e quatro proporcionaram menores valores para NFV e o três para IAF e MS (Figura

14A, B, C, E e G). O rendimento de matéria fresca não apresentou diferenças estatísticas nos ciclos avaliados, dispondo de uma média de 115,6 Mg ha⁻¹.

Além disso, a taxa de forragem foi maior nos ciclos dois, três e oito com valores superiores a 30 g m⁻² dia⁻¹ (Figura 14I)

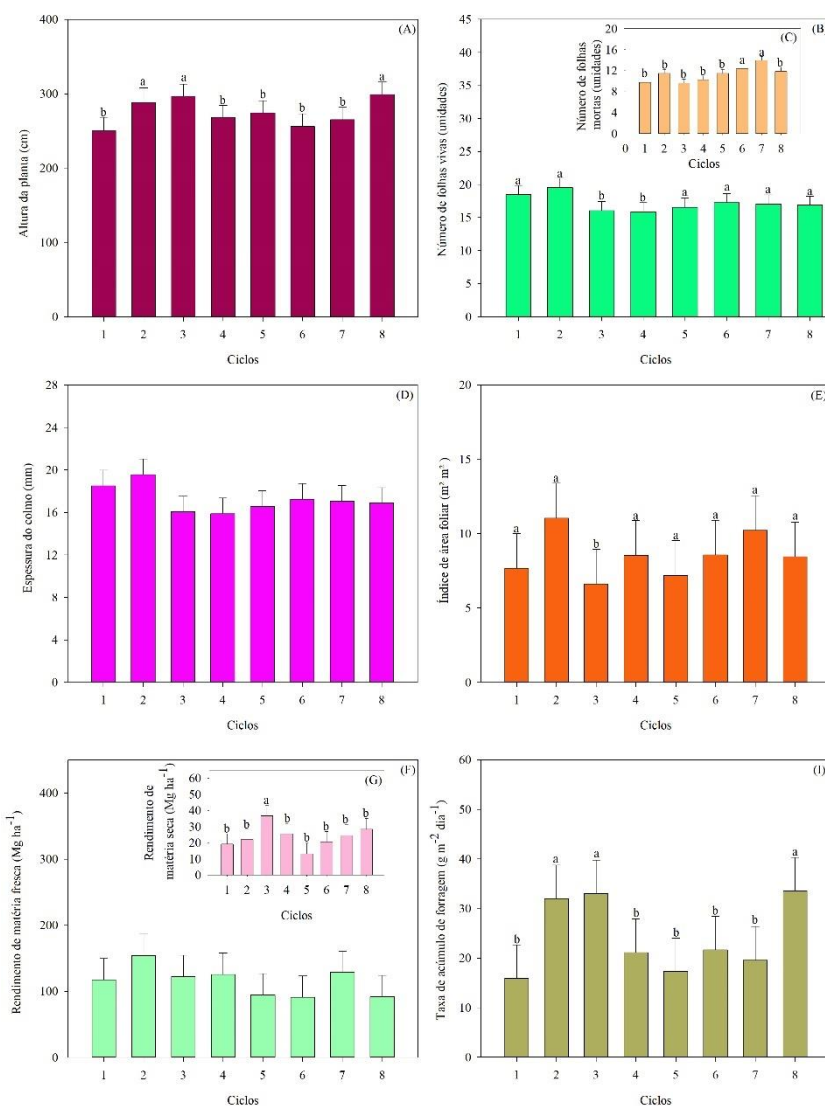


Figura 14. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do Capim Elefante em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), o número de folhas vivas (NFV) e mortas (NFM), espessura do colmo (EC), o índice de área foliar (IAF), o rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas quando avaliadas nos diferentes ciclos para o Milho ($p < 0,05$). Sendo ciclo um e dois, os quais proporcionaram valores

superiores para AP, EC, IAF, MF e MS (Figura 15A, B, D, E, F e G), enquanto que o ciclo um proporcionou maiores quantidades de folhas mortas e maior taxa de acúmulo de forragem (Figura 15C e I).

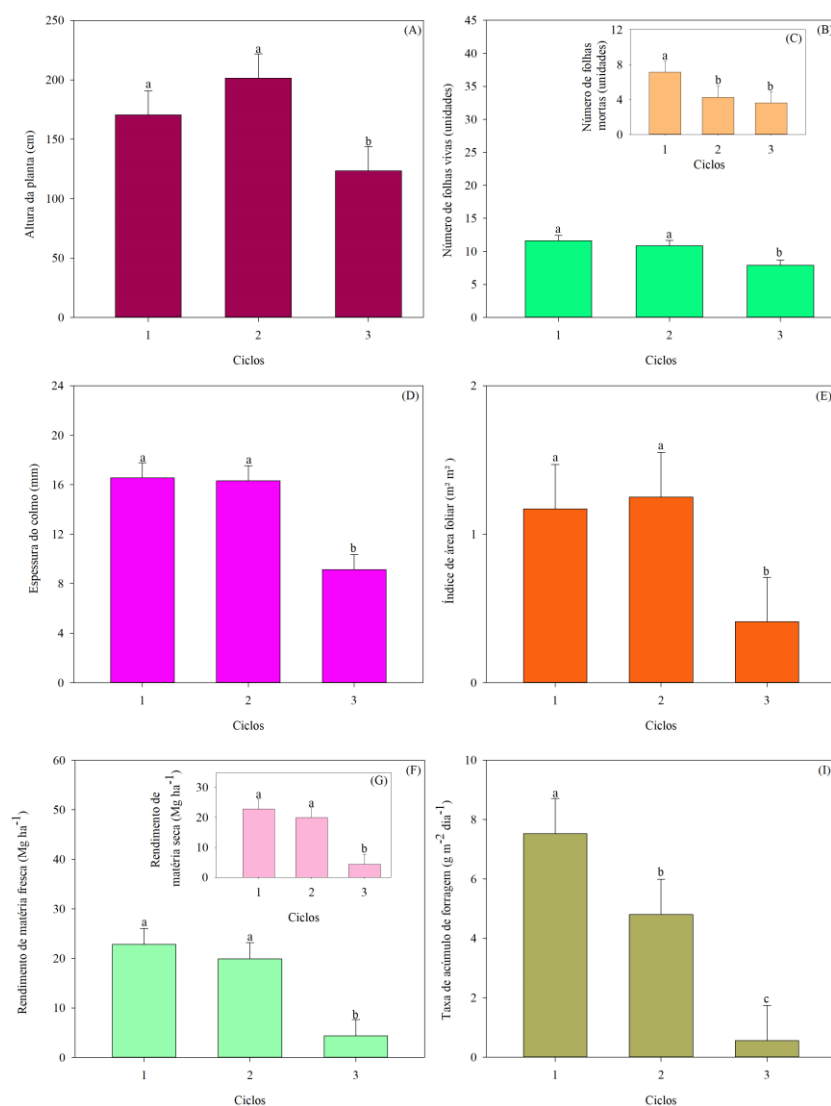


Figura 15. Constituintes biométricos e rendimento de forragem do Milho em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

O número de folhas vivas (NFV), o rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem manifestaram diferenças significativas quando avaliadas nos dois ciclos de condução para a Cana-de-açúcar ($p < 0,05$). Sendo assim, verifica-se que o ciclo dois ocasionou os valores superiores para estas variáveis com 5,13 unidades, 269,7, 117, 5 Mg ha⁻¹

e 39, 3 g m⁻² dia⁻¹, respectivamente para NFV, MF, MS e Taxa de acúmulo de forragem (Figura 16B, F, G e I).

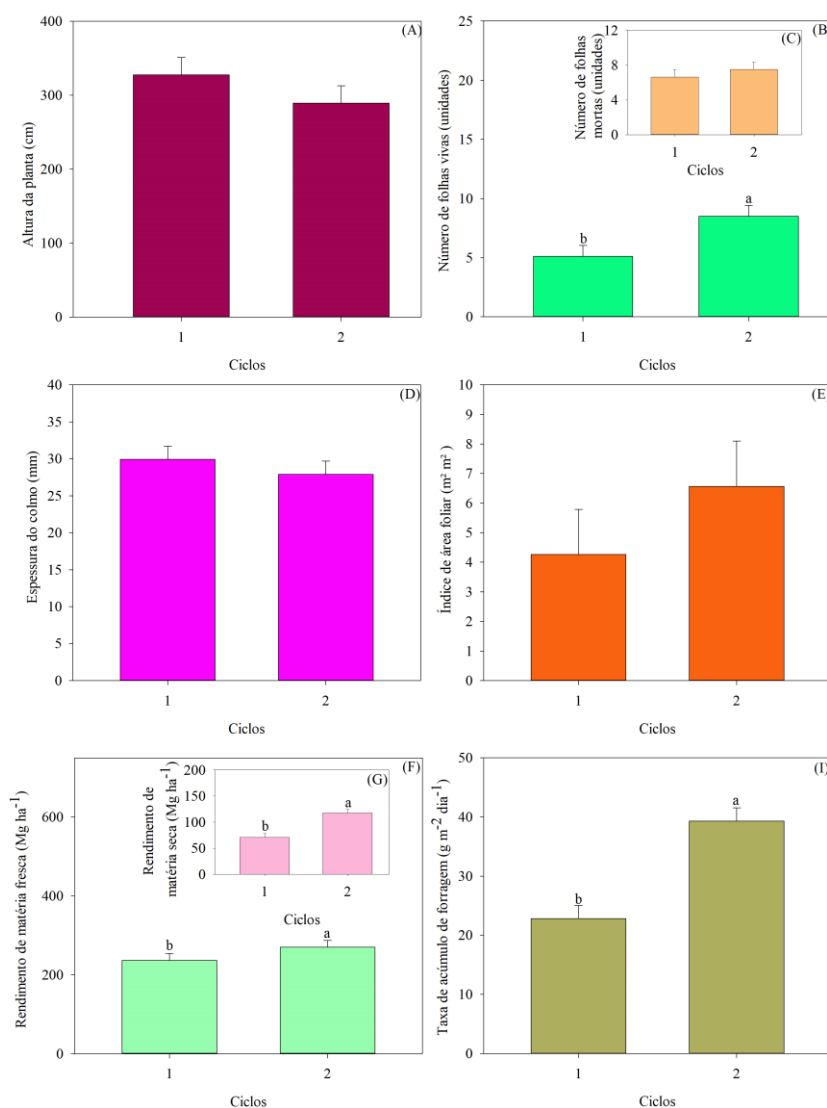


Figura 16. Constituintes biométricos e rendimento de forragem da Cana-de-açúcar em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido

De modo geral, as gramíneas de ensilagem apresentaram em média 3,7; 2,9; 3,6 e 3,7 ciclos por ano, com produtividades de matéria seca de 36,4; 111,3; 86,6 e 3,6 (Mg ha⁻¹ ano⁻¹), respectivamente para o Sorgo Ponta Negra, BRS Capiaçú, Capim-Elefante e Milho Feroz vip.

Já a Cana-de-açúcar apresentou uma média de apenas um ciclo por ano, com uma produtividade de matéria seca de 94,2 ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Considerando uma unidade animal para bovino de 450 kg e para caprino/ovino 50 kg, um consumo de matéria fresca por dia de 10%PC. O Sorgo Ponta Negra possui uma capacidade de suporte (UA/ha/ano) de 2,2 e 19,9, BRS Capiáu de 6,8 e 61, Capim-Elefante 5,3 e 47,5, Milho 0,2 e 2,0 e a Cana-de-açúcar de 5,7 e 51,6, respectivamente para bovino e caprino/ovino.

3.1.3 Espécies fonte de proteína

A altura de planta (AP), espessura do caule (EC), rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) tiveram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) quando analisados nos diferentes ciclos para a Alfafa (Figura 17). Com isso, os ciclos nove, 11, 15, 16, 17 e 18 possibilitaram maiores valores para AP; 12 e 20 para EC; um, dois, 16 e 17 para MF; um, dois e 17 para MS (Figura 17A, B, C e D). Em geral as AP médias foram de 60,89 cm; EC de 2,39 mm; MF e MS de 3,97 e 0,94 Mg ha^{-1} por ciclo, respectivamente

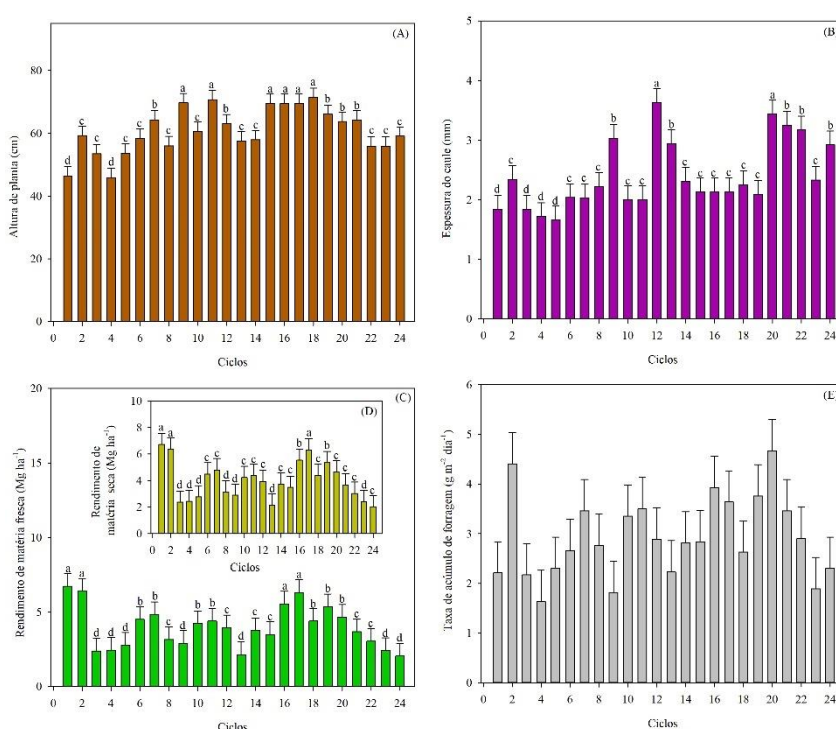


Figura 17. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Alfafa em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), espessura do caule (EC), o rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem obtiveram diferenças nos diferentes ciclos avaliados ($p<0,05$) para a Gliricídia (Figura 18). Dessa forma, a EC apresentou valores superiores nos ciclos dois, quatro, cinco e seis e, a AP e a MF no ciclo três (Figura 18A, B e C). Já a MS e a taxa de acúmulo de forragem manifestaram os maiores valores nos ciclos três, quatro e seis (Figura 18D e E). De maneira geral, a altura média foi de 321,7 cm, MF e MS de 48,7 e 13,0 Mg ha⁻¹ por ciclo, respectivamente.

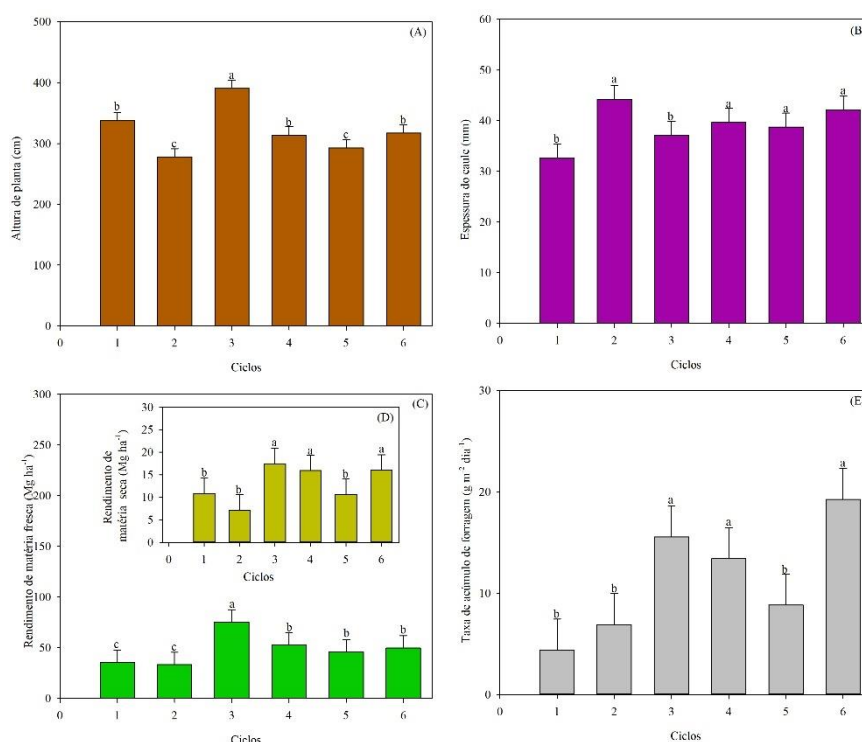


Figura 18. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Gliricídia em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), espessura do caule (EC), o rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem obtiveram diferenças nos diferentes ciclos avaliados ($p<0,05$) para a Moringa (Figura 19).

Verificou-se que a EC foi maior nos ciclos dois, cinco e seis, a AP no ciclo um, enquanto que a MF e MS foi maior nos ciclos um e quatro e a taxa de acúmulo de forragem nos ciclos um, três e quatro (Figura 19A, B, C, D e E). Em geral a AP média da Moringa foi de 280,04 cm, MF e MS de 29,74 e 6,00 Mg ha⁻¹ por ciclo, respectivamente.

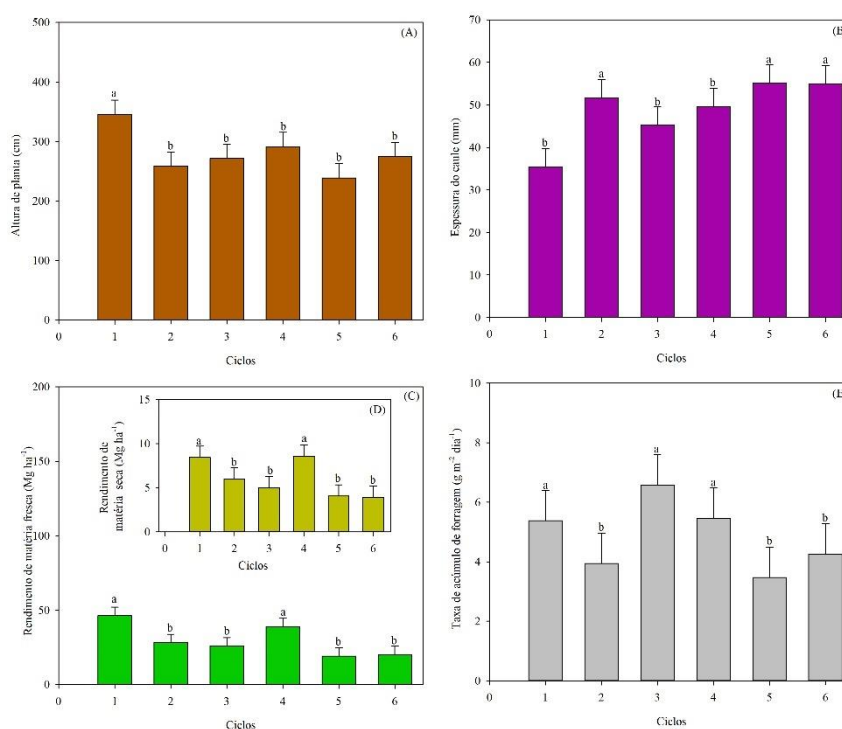


Figura 19. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Moringa em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP), espessura do caule (EC), o rendimento de matéria fresca (MF) e seca (MS) e a taxa de acúmulo de forragem obtiveram diferenças nos diferentes ciclos avaliados ($p < 0,05$) para a Leucena (Figura 20).

Dessa forma, observou-se que a EC foi maior no ciclo três com 39,38 mm; a AP, MF e MS no ciclo um, com 430 cm, 51,63 e 16,97 Mg ha⁻¹, respectivamente. Além disso, a taxa de acúmulo de forragem foi maior nos ciclos um, quatro, sete e oito (Figura 20A, B, C, D e E).

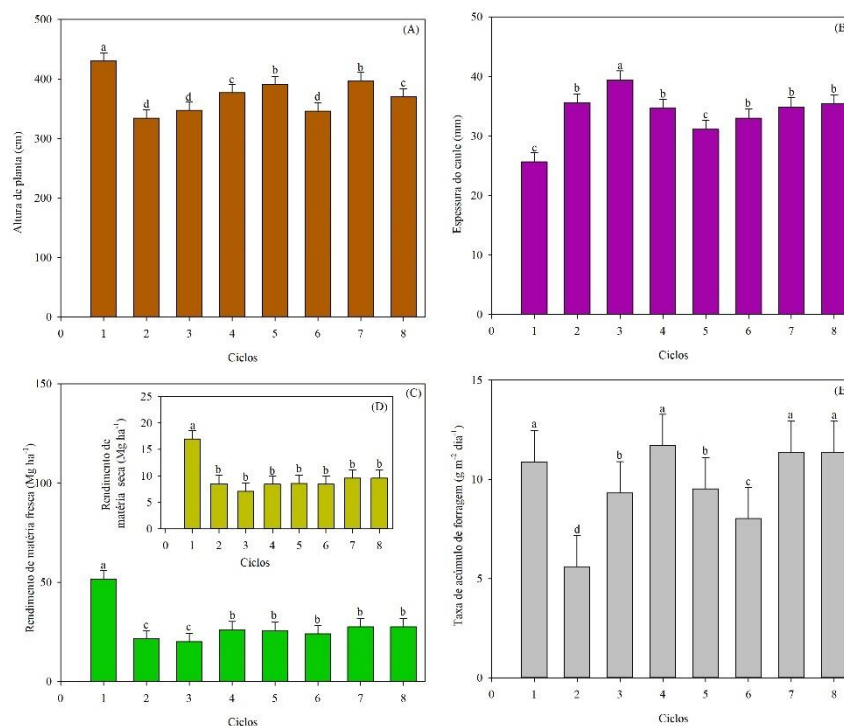


Figura 20. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Leucena em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

A altura de planta (AP) e a taxa de acúmulo de forragem apresentaram diferenças significativas nos diferentes ciclos avaliados ($p < 0,05$) para o Feijão guandu (Figura 21). Com isso, verificou-se que a AP foi maior nos ciclos um e três, com 245,5 e 252,5 cm e a taxa no ciclo um, com $4,14 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 21A, e I). Além disso, observou-se que a espessura do caule e, o rendimento de matéria fresca e seca não obtiveram diferenças estatísticas nos ciclos avaliados (Figura 21B, C e D).

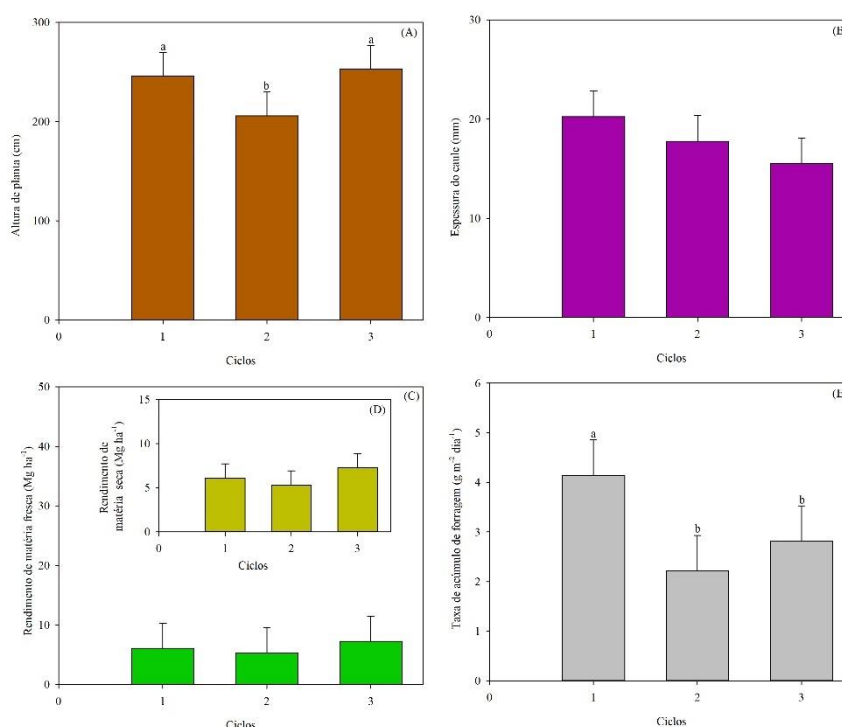


Figura 21. Rendimento de forragem e análise de crescimento de Feijão-guandu em diferentes ciclos de condução sob irrigação em ambiente semiárido.

De modo geral, as leguminosas apresentaram em média 7,7; 2,8; 2,6; 3,4 e 2,4 ciclos por ano, com produtividades de matéria seca de 7,2; 36,2; 15,5; 33,2 e 7,7 ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), respectivamente, para a Alfafa, Gliricídia, Moringa, Leucena e Feijão-guandu.

Considerando uma unidade animal para bovino de 450 kg e para caprino/ovino 50 kg, um consumo de matéria fresca por dia de 10%PC. A Alfafa suporta ($\text{UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de 0,4 e 3,9; Gliricídia de 2,2 e 19,8; Moringa 0,9 e 8,5; Leucena 2,0 e 18,2 e o Feijão-guandu 0,5 e 42,2, respectivamente, para bovino e caprino/ovino.

3.1.4 Sistemas consorciados

A produtividade de matéria fresca (PMF) e seca (PMS) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos diferentes sistemas avaliados, sendo os maiores valores de PMF e PMS encontrados nos sistemas Buffel-Sorgo-Feijão guandu (B-S-FG) e Buffel-Sorgo (B-S) (Tabela 4). Já a taxa de acúmulo de forragem (TMSFor) não apresentou diferença estatísticas para os diferentes sistemas.

Observa-se que a PMS foi maior nos sistema B-S-FG e B-S com 44,5 E 36,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Já o sistema B-FG foi o menos produtivo com 14,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 4).

Dessa forma, ao utilizar um peso corporal (PC) para bovino de 450 kg e para caprino/ovino 50 kg, um consumo de matéria seca por dia de 10%PC. O sistema B-S-FG possui uma capacidade de suporte (UA/ha/ano) de 5,2 e 47,0; B-S 2,2 e 19,5; B-FG de 0,9 e 7,7, para bovino e caprino/ovino, respectivamente.

Tabela 4. Produtividade de matéria fresca e seca (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e taxa de massa de forragem (g m⁻² dia⁻¹) de sistemas produtivos consorciados envolvendo Buffel, Sorgo e Feijão guandu.

Sist.	Sorgo			Feijão-guandu			Buffel			Σ		
	P _{MF}	P _{MS}	TMS _{For}	P _{MF}	P _{MS}	TMS _{For}	PMF	PMS	TMS _{For}	PMF	PMS	TMS _{For}
B-S-FG	85,8a	26,8a	6,6a	6,0c	1,9c	1,9b	56,3b	15,8b	4,5a	148,1A	44,5A	15,5A
B-S	91,9a	27,1a	7,4a	-	-	-	35,5b	9,7b	2,8b	127,5A	36,8A	10,2A
B-FG	-	-	-	31,1a	10,4a	7,9a	14,0b	4,0b	6,6a	45,2B	14,4B	14,5A
DP	4,4	0,2	0,6	17,8	6,0	2,5	21,1	5,9	1,9	54,5	15,6	2,8

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para o somatório dos sistemas. Σ : Somatório dos sistemas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os sistemas. PMF: Produtividade de Matéria Fresca; PMS: Produtividade de Matéria Seca; TMS_{For}: Taxa de Massa de Forragem; B-S-FG: Buffel-Sorgo-Feijão guandu; B-S: Buffel-Sorgo; B-FG: Buffel-Feijão guandu; DP: Desvio Padrão; Sist.: Sistemas.

3.2 Taxas de desenvolvimento e rendimento forrageiro do experimento II

3.2.1 Capins para pastejo

O ciclo 1 de condução do capim Buffel teve duração de 97 dias, neste foi observado que o comportamento varia tanto ao longo do ciclo como também das lâminas de irrigação empregadas (Figura 22). Deste modo, para a taxa de crescimento da altura de planta (TCAP) o ponto máximo de crescimento das lâminas de 25%, 50% e 75% ET₀ foi atingido aos 67, 54 e 52 dias após o plantio (DAP) e, após isso houve um decréscimo (Figura 22A). Pelo contrário a lâmina de 100% não chegou a atingir um ponto de máximo crescimento, entretanto após 80 DAP houve uma tendência de crescimento, indicando que o ponto de máxima seria atingido e, também atingiria uma altura maior (Figura 22A).

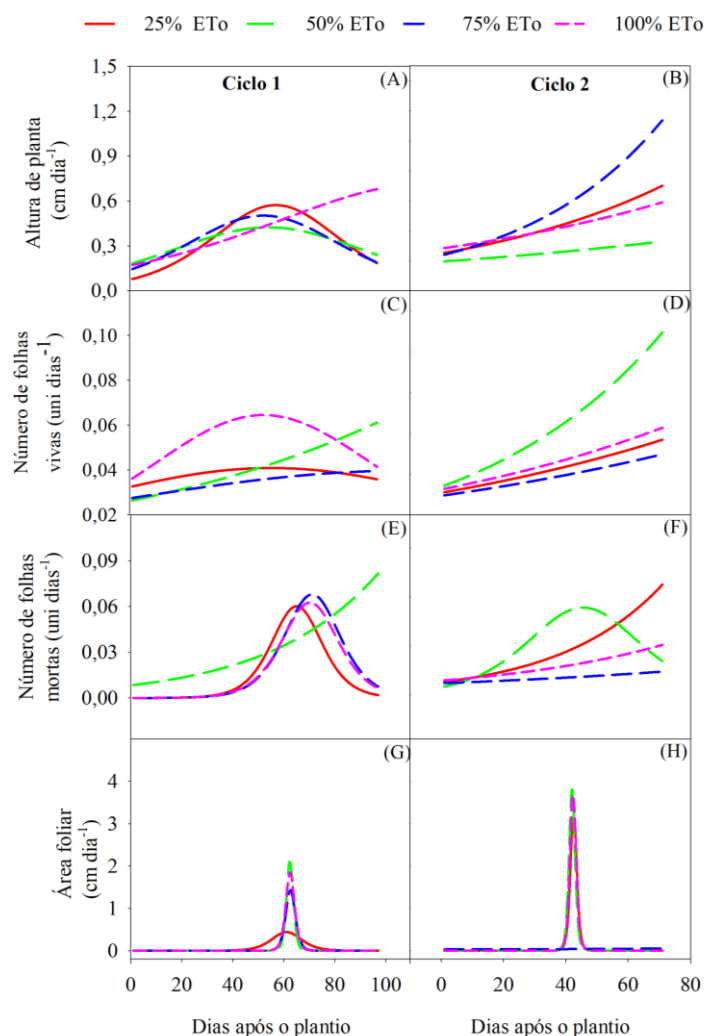


Figura 22. Índices morfofisiológicos de crescimento do capim Buffel submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Taxa da altura de planta (A) e (B); Taxa do Número de folhas vivas (C) e (D); Taxa do Número de folhas mortas (E) e (F); Taxa da Área foliar (G) e (H).

As taxas encontradas para o número de folhas vivas (TNFV) mostram uma tendência de crescimento após 20 DAP para todas as lâminas de irrigação, sendo que a lâmina de 100% atingiu um ponto de máxima de 0.06 unidades dia^{-1} aos 52 DAP, enquanto que lâmina de 50% não atingiu um ponto de máxima (Figura 22C). Já quanto as taxas para o número de folhas mortas (TNFM) todas as lâminas atingiram o ponto de máximo desenvolvimento, sendo aos 65, 71 e 70 DAP respectivamente para as lâminas de 25%, 50% e 75% ET_0 do contrário a lâmina de 50% ET_0 não chegou a atingir o ponto de máxima, contudo, houve uma tendência de aumento após 80 DAP (Figura 22E).

As taxas de desenvolvimento da área foliar (TCAF) mostraram comportamento iniciais semelhantes para as quatro lâminas avaliadas (25%, 50%, 75% e 100% ET₀), entretanto após 55 DAP houve uma propensão a crescimento até atingir o ponto de máxima. Com isso, as maiores taxas foram encontradas na lâmina de 50% ET₀ (2,02 cm dia⁻¹) e a menor na de 25% ET₀ (0,44 cm dia⁻¹) (Figura 22G).

O ciclo dois teve duração de 71 dias, neste foi observado que TCAP e o TNFV não atingiram um pico de desenvolvimento, tendo, portanto, um comportamento constante ao longo deste ciclo (Figura 22B e D), sendo a lâmina de 75% ET₀ com valores maiores para taxa de altura de planta em cm dia⁻¹ e a de 50% ET₀ com valores superiores para a TNFV (Figura 22B e D).

A taxa para o número de folhas mortas (TNFM) mostrou um comportamento distinto para as lâminas avaliadas, sendo que as lâminas de 75% e 100% ET₀ possibilitaram menores taxas, enquanto que a lâmina de 50% ET₀ atingiu um ponto de máxima e, depois houve um decréscimo aos 40 DAP (Figura 22F). De maneira oposta, a lâmina de 25% ET₀ não atingiu um ponto máximo e, mostra uma tendência de aumento (Figura 22F).

A TCAF mostrou um comportamento semelhante para as lâminas, onde aos 43 DAP a lâmina de 25% ET₀ atingiu o ponto máximo de 2,83 cm dia⁻¹ e, aos 42 DAP as lâminas de 50% e 100% ET₀ atingiram o máximo de 3,8 e 3,5 cm dia⁻¹ respectivamente, declinando em seguida, já a lâmina de 75% ET₀ o comportamento foi igual durante toda a condução do ciclo dois (Figura 22H).

O ciclo 1 do capim Aruana teve duração de 97 dias, neste foi observado que o comportamento varia tanto ao longo do ciclo como também das lâminas de irrigação empregadas (Figura 23). Dessa forma, verificou-se que no ciclo um as lâminas de 25% e 50% ET₀ tiveram uma taxa de altura de planta semelhante, onde atingiram o ponto máximo aos 40 DAP de cerca de 0,4 cm dia⁻¹, já as lâminas de 75% e 100% ET₀ atingiram um ponto máximo de crescimento em 81 e 88 DAP respectivamente (Figura 23A).

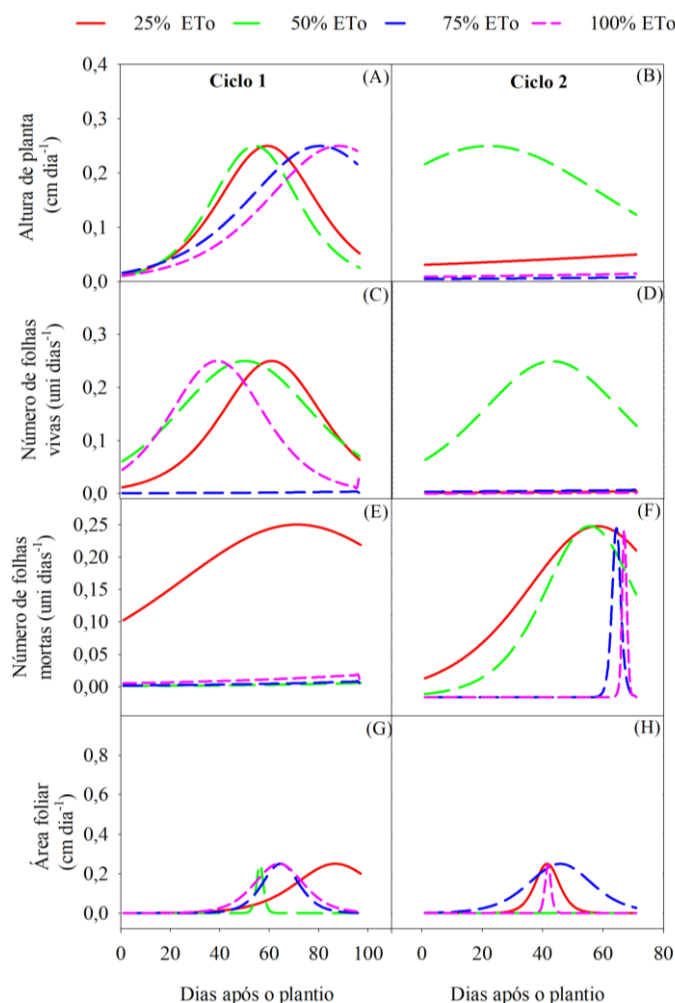


Figura 23. Índices morfofisiológicos de crescimento do capim Aruana submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).

Para TNFV, as lâminas de 25%, 50% e 100% ET_0 atingiram pontos máximo, sendo diferente somente o dia no ciclo, onde a lâmina de 100% ET_0 atingiu (aos 40 DAP), a de 50% ET_0 50 DAP e a 25% ET_0 70 DAP (Figura 23A), já a lâmina de 75% ET_0 mostrou um comportamento diferente das demais, evidenciando uma taxa de 0,0025 unidades dia^{-1} , sendo constante ao longo do ciclo (Figura 22C).

A TNFM foi semelhante para as lâminas de 50%, 75% e 100% ET_0 , apresentando um valor constante de 0,015 unidades dia^{-1} , sendo diferente apenas para a lâmina de 25% ET_0 que as taxas foram maiores e, atingiram um ponto máximo em 70 DAP (Figura 23E).

As lâminas de 75% e 100% ET_0 mostraram um comportamento semelhante para as taxas de desenvolvimento da área foliar, onde estas atingiram um ponto máximo aos 60 DAP e, um declínio aos 70 DAP, enquanto que a lâmina de 100% ET_0 atingiu o ponto máximo em 58 DAP e a de 25% aos 87 DAP (Figura 23G).

O segundo ciclo teve duração de 71 dias, neste foi verificado que a altura de planta e o número de folhas vivas mostraram um comportamento semelhante para as lâminas de 25%, 75% e 100% ET_0 com cerca de 0,025 cm dia^{-1} para altura de planta e 0,0045 unidades dia^{-1} para folhas vivas, já a lâmina de 50% ET_0 mostrou um comportamento diferente para ambas as variáveis, onde a altura de planta atingiu um ponto máximo de 0,25 cm dia^{-1} e o número de folhas vivas uma taxa de 0,25 unidades dia^{-1} (Figura 23B e D).

A TNFV do segundo ciclo apresentou comportamento diferentes para as quatro lâminas, sendo que a lâmina de 75% e 100% ET_0 mostraram um comportamento semelhante e atingiram o mesmo ponto de máxima de 0,24 unidades dia^{-1} , já quanto a área foliar os pontos de máxima das lâminas de 25%, 75% e 100% ET_0 foram semelhantes, do contrário a lâmina de 50% ET_0 apresentou um comportamento constante durante o ciclo com uma taxa próxima de 0,00025 cm dia^{-1} (figura 23F e H).

O ciclo 1 do BRS Kurumi teve duração de 118 dias, neste as taxas de crescimento para a altura de planta variaram ao longo do ciclo, todavia atingiram valores semelhantes para todas as lâminas com cerca de 0,25 cm dia^{-1} , já a taxa para o número de folhas vivas variou conforme as lâminas, contudo atingiram o ponto máximo aos 60 DAP com cerca de 0,25 unidades dia^{-1} (Figura 24A e D).

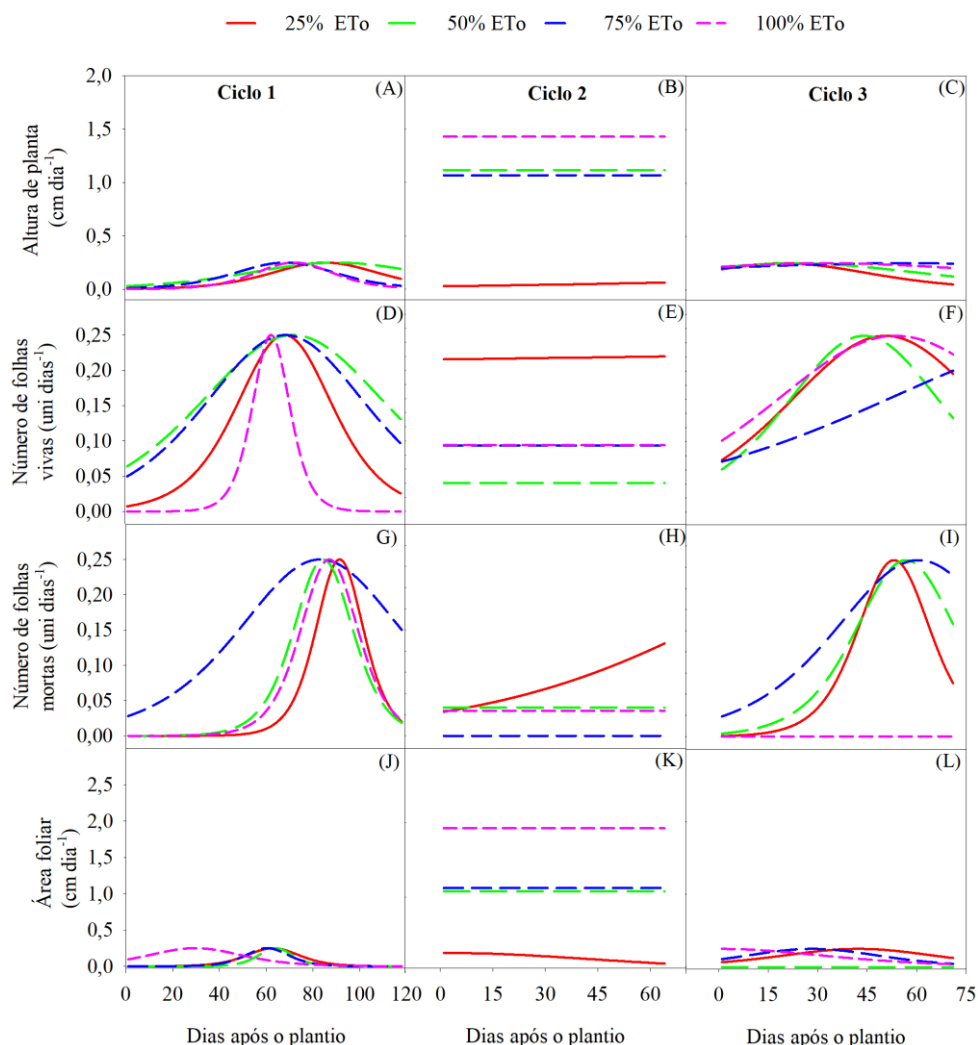


Figura 24. Índices morfofisiológicos de crescimento do BRS Kurumi submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante três ciclos de condução. Altura de planta (A), (B) e (C); Número de folhas vivas (D), (E) e (F); Número de folhas mortas (G), (H) e (I); Área foliar (J), (K) e (L).

A taxa para o número de folhas mortas atingiu o máximo de 0,25 unidades dia^{-1} , onde nas lâminas de 50%, 75% e 100% ET_0 ocorreu aos 80 DAP e a de 25% ET_0 aos 86 DAP, já a taxa para área foliar máxima foi próxima a 0,25 cm dia^{-1} , onde as lâminas de 25%, 50% e 75% ET_0 atingiram o ponto máximo aos 60 DAP e, a de 100% ET_0 aos 30 DAP (Figura 24G e J).

O ciclo 2 teve duração de 64 dias, neste o comportamento de todas as variáveis analisadas foi semelhante para todas as lâminas avaliadas, sendo sempre constante ao longo do ciclo, somente a lâmina de 25% ET_0 para a taxa do número de folhas mortas variou ao longo do ciclo, mostrando uma tendência de crescimento (Figura 24H).

O ciclo 3 teve duração de 71 dias, neste o comportamento foi diferente daquele apresentado no ciclo dois, onde para a altura de planta a lâmina de 25% ET_0 se diferenciou das demais próximo aos 30 DAP, sendo inferior às outras (Figura 24C). Desse modo, a taxa para o número de folhas vivas atingiu um ponto máximo de 0,25 unidades dia^{-1} para as lâminas de 25%, 75% e 100% ET_0 aos 45 DAP, já a lâmina de 75% ET_0 não atingiu o ponto de máxima (Figura 24F).

A taxa para o número de folhas mortas foi semelhante para as lâminas de 25% e 50% ET_0 , onde estas alcançaram um ponto máximo aos 50 DAP de cerca de 0,25 unidades dia^{-1} , já a lâmina de 75% ET_0 o pico foi aos 60 DAP, ao contrário a lâmina de 100% apresentou um comportamento constante ao longo do ciclo (Figura 24I).

A área foliar apresentou um comportamento semelhante para todas as lâminas no ciclo três, com exceção da lâmina de 50% ET_0 que o comportamento não variou ao longo do ciclo, já as demais o ponto máximo foi de 0,25 $cm\ dia^{-1}$ (Figura 24L).

Em relação ao capim buffel verificou-se que os ciclos se diferenciaram e influenciaram nas variáveis estudadas, com exceção da PMFt que não exibiu diferença entre os ciclos, enquanto que para PMSt e TxMSFor o ciclo dois favoreceu valores superiores (Tabela 5).

A produtividade de matéria fresca (PMFt) e seca total (PMSt) e, a taxa de massa de forragem (TxMSFor) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos diferentes capins avaliados para o ciclo 1 (Tabela 5). Sendo que o BRS Kurumi foi superior às demais a partir da lâmina de 50% ET_0 (Aruana e Buffel) em todas as lâminas avaliadas. O BRS Kurumi sofreu influência das lâminas avaliadas e, ao realizar o ajuste de regressão foi verificado que a equação de segundo grau foi a que melhor explicou o comportamento da PMFt, PMSt e a TxMSFor, enquanto que nos demais capins as lâminas não influenciaram (Tabela 5).

Já no ciclo 2 o capim Aruana apresentou valores superiores para PMFt, PMSt e TxMSFor, contudo não houve influência das lâminas ($p > 0,05$) (Tabela 5). Somente o BRS Kurumi conseguiu atingir três ciclos, todavia as lâminas não influenciaram nas suas variáveis.

Tabela 5. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem gramíneas destinadas ao pastejo, cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois (Buffel e Aruana) e três (BRS Kurumi) ciclos produtivos.

Ciclo 1						
Produtividade de matéria fresca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	15,44A	13,86B	10,24B	11,24B	0,89	$\hat{Y} = -0,01x^2 + 2,36x - 37,5$
Aruana	10,38A	16,78B	8,63B	10,66B		
BRS Kurumi	14,08A	34,33A	58,28A	39,19A		
Produtividade de matéria seca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	4,51A	4,00A	3,15B	3,51B	0,96	$\hat{Y} = -0,0025x^2 + 0,41x - 0,6,5$
Aruana	2,65A	4,25A	2,30B	2,75B		
BRS Kurumi	2,6A	7,32A	11,58A	10,00A		
Taxa de massa de forragem (g m ⁻² dia ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	4,65A	4,12A	3,24B	3,62B	0,98	$\hat{Y} = -0,0015x^2 + 0,30x - 4,4$
Aruana	3,68A	5,91A	3,20B	3,83B		
BRS Kurumi	2,24A	6,21A	9,81A	9,91A		
Ciclo 2						
Produtividade de matéria fresca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	12,49B	14,96B	14,78B	16,00B		
Aruana	25,94A	22,57A	22,08A	19,89A		
BRS Kurumi	10,58B	12,75B	13,68B	15,33B		
Produtividade de matéria seca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	3,90B	5,11B	5,27B	5,25B		
Aruana	7,08A	6,35A	6,63A	6,39A		
BRS Kurumi	3,54B	3,92B	4,05B	4,85B		
Taxa de massa de forragem (g m ⁻² dia ⁻¹)						
Capins	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Buffel	5,50B	7,20B	7,42B	7,39B		
Aruana	9,97A	8,94A	9,47A	9,00A		
BRS Kurumi	5,53B	6,13B	6,33B	7,58B		
Ciclo 3						
Produtividade de matéria fresca total (Mg ha ⁻¹)						
Capim	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
BRS Kurumi	2,70	2,03	2,03	2,20		
Produtividade de matéria seca total (Mg ha ⁻¹)						
Capim	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
BRS Kurumi	0,40	0,28	0,29	0,33		
Taxa de massa de forragem (g m ⁻² dia ⁻¹)						
Capim	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
BRS Kurumi	0,48	0,33	0,35	0,39		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De modo geral, o Buffel apresentou valores médios de PMSt de 7,4; 3,1, 3,6 e 3,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀. Quanto ao capim Aruana as médias foram de 5,7; 3,1; 3,7 e 6,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀.

Em relação ao BRS Kurumi as médias para PMSt foram de 3,9; 4,3; 4,3 e 3,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀, respectivamente. A partir de estimativas realizadas e, analisando a duração de cada ciclo, foi constatado que o Buffel possui uma média de 5,1, Aruana 4,3 e BRS Kurumi 4,1 ciclos ano⁻¹.

3.2.2 Gramíneas para ensilagem e espécie fonte de proteína

O ciclo um de condução do BRS Capiacu teve duração de 161 dias, nele foi observado que as taxas de crescimento da altura de planta (TCAP) variaram ao longo de ciclo e, também nas lâminas avaliadas, assim sendo, as lâminas de 75% e 100% ET₀ tiveram um comportamento semelhante e alcançaram um ponto máximo aos 70 DAP, a lâmina de 25% ET₀ chegou ao ponto máximo aos 54 DAP e, a de 50% ET₀ aos 90 DAP (Figura 25A).

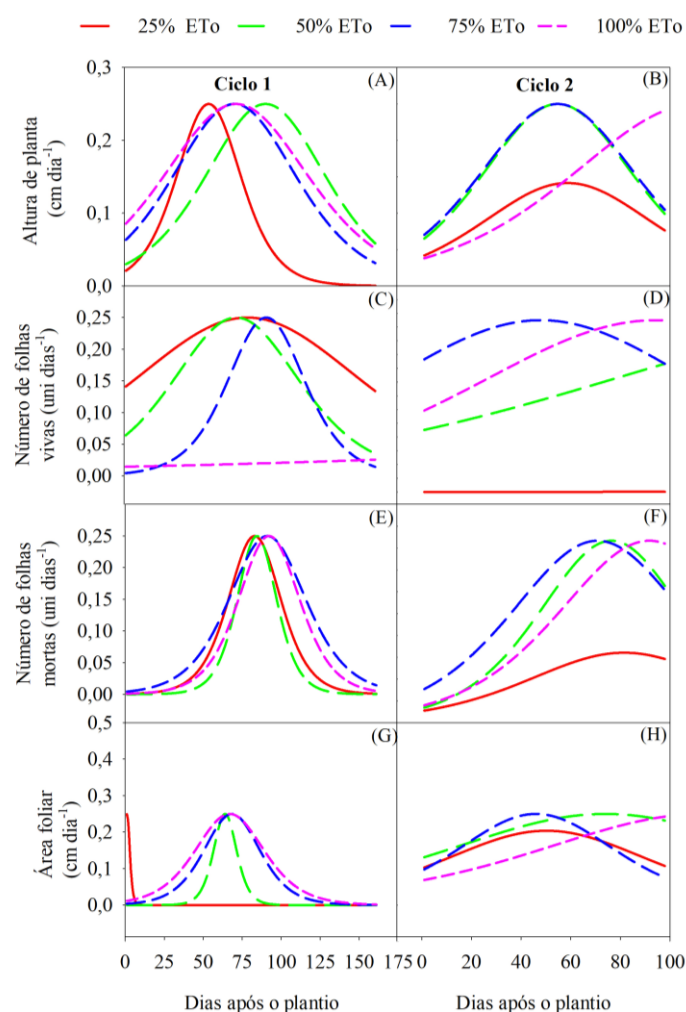


Figura 25. Índices morfofisiológicos de crescimento do BRS Capiacu submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante três ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).

A taxa de crescimento do número de folhas vivas (TCNV) variou conforme as lâminas empregadas, sendo que a lâmina de 25% e 50% ET_0 alcançaram um valor máximo aos 60 DAP, enquanto a de 75% e 100% ET_0 foi constante ao longo do ciclo, contudo, a de 75% ET_0 mostrou um comportamento atípico, onde a partir dos 75 DAP a taxa de crescimento foi nula (Figura 25E).

Em relação a taxa para o número de folhas mortas, todas as lâminas expressaram comportamentos semelhantes atingindo o ponto máximo de 0,25 unidades dia^{-1} , já na área foliar

o desempenho das lâminas de 50%, 75% e 100% ET_0 assemelharam-se atingindo a taxa de 0,25 $cm\ dia^{-1}$ (Figura 25G).

O ciclo 2 teve duração de 98 dias, neste verificou-se que a lâmina de 50% e 75% ET_0 tiveram comportamento idênticos, atingindo o ponto máximo de 0,25 $cm\ dia^{-1}$ aos 55 DAP, enquanto a de 25% ET_0 o ponto máximo foi de 0,14 $cm\ dia^{-1}$ aos 56 DAP, já a lâmina de 100% ET_0 não atingiu um ponto de máxima, mostrando uma tendência crescente (Figura 25B).

A TCNV variou conforme as lâminas empregadas, sendo que a lâmina de 25% ET_0 apresentou um comportamento constante ao longo do ciclo, já as demais expuseram uma variação ao longo do ciclo (Figura 25D).

No que se refere a taxa para o número de folhas mortas (TCNM), as maiores taxas foram encontradas para as lâminas de 50%, 75% e 100% ET_0 com uma média de 0,25 unidades dia^{-1} , enquanto a lâmina de 25% ET_0 apresentou as menores taxas com uma média de 0,2 unidades dia^{-1} , enquanto que nas taxas para área foliar as lâminas de 25% e 75% ET_0 alcançaram o ponto máximo aos 50 DAP com 0,20 e 0,25 $cm\ dia^{-1}$ respectivamente, a de 50% ET_0 aos 60 DAP com 0,25 $cm\ dia^{-1}$ (Figura 25F). Por outro lado, a lâmina de 100% ET_0 não atingiu um ponto de máxima.

O ciclo 1 de condução do Sorgo teve duração de 69 dias e o ciclo 2 de 92 dias, neste foi possível verificar que as taxas de desenvolvimento para altura de planta variaram conforme as lâminas sendo que, no primeiro ciclo as lâminas de 50%, 75% e 100% ET_0 expuseram um comportamento semelhante, alcançando um ponto máximo aos 70 DAP, já na lâmina de 25% ET_0 o ponto foi atingindo aos 60 DAP, por outro lado, no ciclo 2 todas as lâminas mostraram um comportamento idêntico ao longo do ciclo (Figura 26A e B).

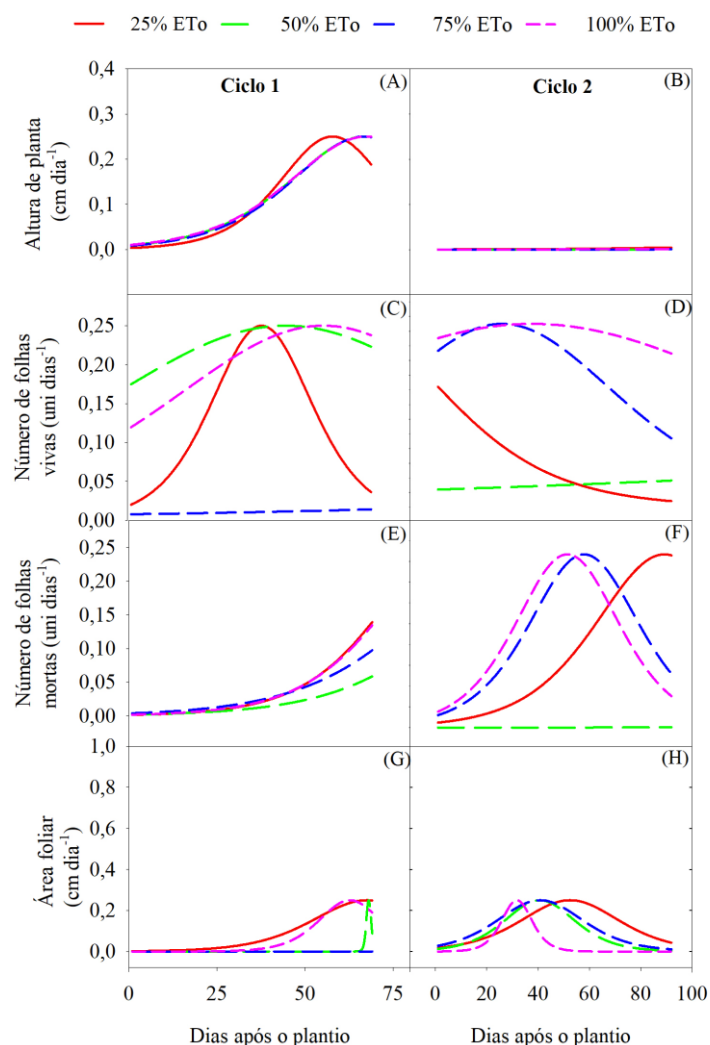


Figura 26. Índices morfofisiológicos de crescimento do Sorgo submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).

A taxa de desenvolvimento para o número de folhas vivas apresentou um comportamento diferente para as quatro lâminas nos dois ciclos de condução, sendo que no ciclo um, as lâminas de 25%, 50% e 100% ET_0 atingiram pontos máximos semelhantes com cerca de 0,25 unidades dia^{-1} , todavia, a lâmina de 75% ET_0 não obteve diferença ao longo do ciclo um, dispondo de um valor constante de 0,0014 unidades dia^{-1} , já no ciclo dois as lâminas de 75% e 100% ET_0 atingiram valor máximo aos 20 DAP e, houve um declínio em seguida, a lâmina de 25% ET_0 apresentou um comportamento decrescente ao longo do ciclo e a de 50% ET_0 exibiu um desempenho constante (Figura 26C e D).

Quanto ao desenvolvimento do número de folhas mortas, estes foram semelhantes no começo para o ciclo, entretanto aos 50 DAP, houve um comportamento crescente para todas as lâminas (Figura 26E). Por outro lado, no ciclo dois as lâminas 75% e 100% ET₀ atingiram pontos máximos de 0,25 unidades dia⁻¹ aos 60 DAP, a lâmina de 25% ET₀ aos 90 DAP e, a lâmina de 50% ET₀ exibiu um comportamento constante (Figura 26F).

As taxas referentes a área foliar foram diferentes em ambos os ciclos e, também nas lâminas, sendo que no ciclo um as lâminas de 25% e 100% ET₀ atingiram pontos máximos semelhantes (0,25 cm dia⁻¹) aos 60 DAP, enquanto que as lâmina de 50% e 75% ET₀ tiveram um comportamento constante, já no ciclo dois as lâminas 50% e 75% ET₀ foram análogas, dispondo de um ponto de máxima de 0,25 cm dia⁻¹ próximo aos 40 DAP, a de 25% ET₀ aos 50 DAP e, a de 100% ET₀ aos 30 DAP (Figura 26G e H).

O ciclo 1 teve duração de 108 dias, enquanto o ciclo 2 foi de 56 para a Pornunça, nestes foi possível verificar que houve diferenças no comportamento entre as lâminas para a taxa de crescimento da altura de planta, onde no ciclo um as lâminas de 50% e 75% ET₀ tiveram um comportamento idêntico, por outro lado a de 100% ET₀ atingiu um valor máximo antes (40 DAP) e, a lâmina de 25% ET₀ exibiu um comportamento constante ao longo do ciclo (Figura 27A). Já no segundo ciclo três lâminas manifestaram comportamento idênticos (50%, 75% e 100% ET₀) com um ponto máximo de 0,25 cm dia⁻¹ aos 10 DAP, somente a de 25% ET₀ se diferiu das demais com uma taxa constante média de 1,1 cm dia⁻¹ (Figura 27B).

Quanto a taxa do número de folhas vivas, estas diferiram nas lâminas do primeiro ciclo, porem no ciclo 2 apresentaram comportamento idênticos com uma média de 0,0012 unidades dia⁻¹. No ciclo 2, a lâmina de 25% ET₀ foi constante ao longo do ciclo (0,0012 uni dia⁻¹, porem as demais mantiveram comportamentos máximos de 0,25 uni dia⁻¹ aos 15 (100% ET₀), 40 (50% ET₀) e 50 (75% ET₀) DAP (Figura 27C e D).

A taxa referente ao número de folhas mortas atingiu pontos máximos de 0,25 uni dia⁻¹ aos 40 (100% ET₀), 50 (25% ET₀) e aos 100 (50% ET₀) DAP, para a lâmina de 75% ET₀ não houve folhas mortas durante o ciclo 1 (Figura 27E). Já no ciclo 2, não houve taxa para folhas mortas para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀ e 100% ET₀, por outro lado teve para a de 75% ET₀, onde está atingiu um valor máximo de 0,25 uni dia⁻¹ aos 40 DAP (Figura 27F).

A área foliar apresentou diferenças para as lâminas no ciclo 2, contudo, as lâminas de 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀ tiveram pontos máximos médios de 0,25 cm dia⁻¹ aos 40 DAP, enquanto a de 25% ET₀ não atingiu um valor máximo (Figura 27G). Já no ciclo 2, as lâminas

de 25%, 75% e 100% ET_0 foram constantes com valores médios de 0,0043, 0,020 e 0,037 $cm\ dia^{-1}$, por outro lado a lâmina de 50% ET_0 atingiu um valor máximo de 0,25 $cm\ dia^{-1}$ aos 27 DAP (Figura 27H).

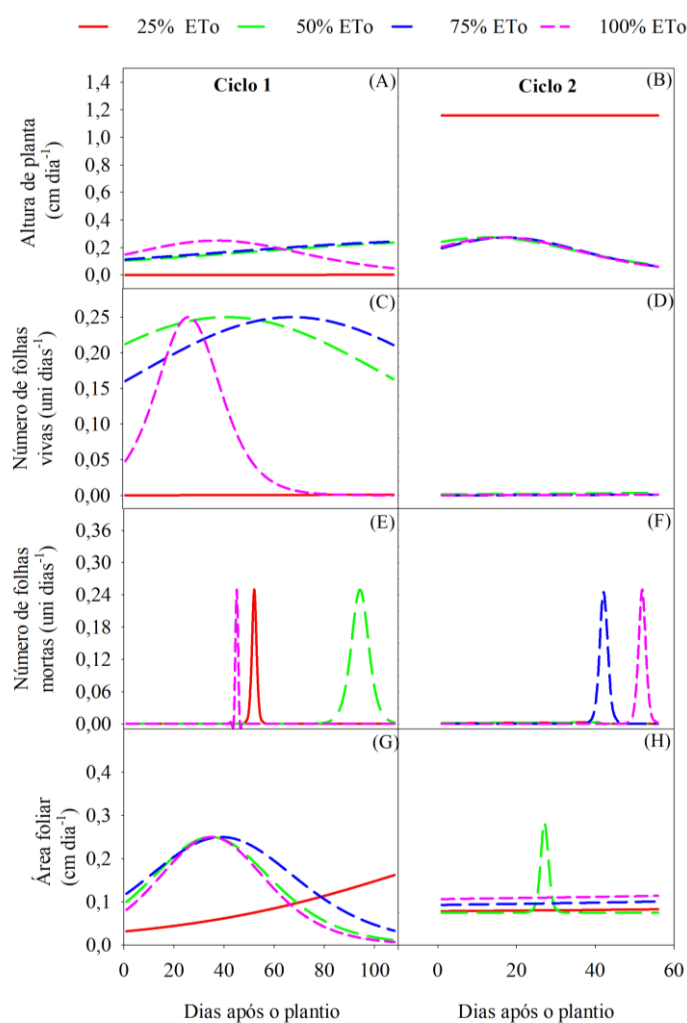


Figura 27. Índices morfofisiológicos de crescimento da Pornunça submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido durante dois ciclos de condução. Altura de planta (A) e (B); Número de folhas vivas (C) e (D); Número de folhas mortas (E) e (F); Área foliar (G) e (H).

No ciclo um, o BRS Capiacu foi superior ao sorgo na produtividade de matéria fresca (PMFt) e seca (PMSt), porém o sorgo apresentou maiores taxas de acúmulo de forragem (Tabela 6). As lâminas afetaram a PMFt e PMSt, sendo estas variáveis explicadas pelo comportamento linear positivo. Ainda no ciclo um, as lâminas não influenciaram a produtividade de matéria

fresca e seca do sorgo, mas a taxa de acúmulo de forragem foi afetada pelas lâminas, sendo explicada pela equação de segundo grau (Tabela 6).

No ciclo dois a PMFt foi superior para o BRS Capiáçu e, as lâminas influenciaram nesta variável, sendo explicadas pela equação de primeiro grau (Tabela 6). A PMSt e a taxa de acúmulo de forragem foram superiores para o sorgo, enquanto que as lâminas afetaram positivamente o comportamento destas variáveis tanto para o sorgo como para o BRS Capiáçu, sendo estas explicadas pela equação de primeiro grau (Tabela 6).

Tabela 6. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem gramíneas destinadas a ensilagem, cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois ciclos produtivos.

Ciclo 1						
Produtividade de matéria fresca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	42,00A	59,94A	57,09B	54,84B		
BRS Capiáçu	54,44A	66,12A	97,87A	110,44A	0,96	$\hat{Y} = 0,79x + 32,3$
Produtividade de matéria seca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	10,35A	16,32A	13,84B	14,32B		
BRS Capiáçu	13,28A	16,06A	23,06A	25,14A	0,96	$\hat{Y} = 0,16x + 9,01$
Taxa de massa de forragem (g m ⁻² dia ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	15,00A	23,66A	20,06A	20,76A	0,64	$\hat{Y} = -0,003x^2 + 0,45x + 6,5$
BRS Capiáçu	8,24B	10,31B	14,32B	15,61B	0,96	$\hat{Y} = 0,10x + 5,59$
Ciclo 2						
Produtividade de matéria fresca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	46,53A	57,82A	59,42B	71,83B		
BRS Capiáçu	39,77A	78,65A	99,02A	106,87A	0,91	$\hat{Y} = 0,88x + 25,66$
Produtividade de matéria seca total (Mg ha ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	22,17A	21,67A	37,89A	47,61A	0,95	$\hat{Y} = 0,31x + 8,41$
BRS Capiáçu	13,54B	20,91B	29,40B	32,76B	0,95	$\hat{Y} = 0,31x + 8,41$
Taxa de massa de forragem (g m ⁻² dia ⁻¹)						
Capins	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
Sorgo	24,10A	23,55A	41,19A	51,75A	0,95	$\hat{Y} = 0,33x + 8,88$
BRS Capiáçu	13,82B	21,34B	30,00B	33,43B	0,95	$\hat{Y} = 0,33x + 8,88$

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O BRS Capiáçu apresentou um rendimento de matéria seca médio de 25,3; 18,9; 22,2 e 20,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100%

ET₀. Em relação ao Sorgo as médias foram de 27,2; 23,3; 20,3 e 21,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀.

A partir de estimativas realizadas, analisando a duração de cada ciclo, foi constatado que o BRS Capiacu possui uma média de 2,8 e o Sorgo 4,5 ciclos ano⁻¹.

No ciclo um da Pornunça, a produtividade de matéria fresca total não sofreu influência das lâminas de irrigação, contudo a produtividade de matéria seca total e a taxa de acúmulo de forragem foram influenciadas, sendo estas explicadas pela equação de segundo grau (Tabela 7). Já no segundo ciclo todas as variáveis analisadas sofreram influências das lâminas de irrigação utilizadas, sendo estes comportamentos explicados pela equação de segundo grau, onde à medida que aumenta a lâmina de irrigação diminuem os parâmetros avaliados.

A Pornunça apresentou médias de 2,1; 2,0; 1,8 e 2,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para as lâminas de 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀. Ao analisar a duração de cada ciclo, estimativas realizadas constataram que a Pornunça possui cerca de 4,4 ciclos ano⁻¹.

Tabela 7. Partição de matéria fresca e seca e taxa de massa de forragem de Pornunça, cultivada sob lâminas de irrigação suplementar em ambiente semiárido durante dois ciclos produtivos.

Ciclo 1						
Variável	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
PMFT	4,59	16,20	10,92	10,36		
Variável	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
PMST	0,83	2,63	1,87	1,78	0,68	$\hat{Y} = -0,0008x^2 + 0,10x - 1,1$
Variável	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
TMFor.	0,77	2,44	1,73	1,65	0,67	$\hat{Y} = -0,0007x^2 + 0,09x - 1,01$
Ciclo 2						
Variável	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
PMFT	27,51	8,09	9,20	6,20	0,89	$\hat{Y} = 0,0066x^2 - 1,070x + 49,1$
Variável	Lâminas				R ²	Equação
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
PMST	5,23	2,05	1,36	1,34	0,98	$\hat{Y} = 0,0013x^2 - 0,2075x + 9,5$
Variável	Lâminas					
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀		
TMFor.	8,18	3,66	2,42	2,38		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. PMFT: Produtividade de matéria fresca total (Mg ha⁻¹); PMST: Produtividade de matéria seca total (Mg ha⁻¹); TMFor: Taxa de massa de forragem (g m⁻² dia⁻¹)

3.3 Viabilidade econômica (Experimento I e II)

Os custos com a aquisição dos equipamentos de irrigação, implantação das culturas e manutenção destas variou conforme as lâminas de irrigação e a espécie utilizada, sendo maiores

para a lâmina de 100% ET₀, principalmente em razão do maior tempo que o sistema permanecerá em funcionamento (Tabela 8).

Tabela 8. Custos (R\$ ha⁻¹) dos equipamentos de irrigação e de implantação do sistema de cultivo de capins para pastejo, gramíneas para ensilagem e Pornunça em diferentes lâminas de irrigação complementar em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro

Capins para pastejo								
Custos	Aruana/Bufel				BRS Kurumi			
	Lâminas de irrigação				Lâminas de irrigação			
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀
CF	13.733,2	13.733,2	13.733,2	13.733,2	21.483,2	21.483,2	21.483,2	21.483,2
CV	1.828,5	1.876,3	1.924,1	1.971,9	1.828,5	1.876,3	1.924,1	1.971,9
CT	15.561,7	15.609,5	15.657,3	15.705,1	23.311,7	23.359,5	23.407,3	23.455,1
Gramíneas para ensilagem/ Pornunça								
	Sorgo/Pornunça				BRS Capiçu			
	Lâminas de irrigação				Lâminas de irrigação			
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀
CF	1.0885,2	10.885,2	10.885,2	10.885,2	17.635,2	17.635,2	17.635,2	17.635,2
CV	1.671,4	1.719,2	1.767	1.814,8	1.671,4	1.719,2	1.767	1.814,8
CT	12.556,6	12.604,4	12.652,2	12.700,0	19.306,6	19.354,4	19.402,2	19.450,0

CF: Custos fixos; CV: Custos variáveis; CT: Custo total.

Em relação aos capins para pastejo, o BRS Kurumi possui um maior custo fixo com cerca de 56% superior ao Aruana e Buffel em todas as lâminas de irrigação (Tabela 8), isso se deve principalmente ao método de plantio, já que os demais se propagam por meio de sementes e o BRS Kurumi por meio de gemas/estacas, sendo estas de maior custo em relação as sementes, ocasionando em um maior custo total (Tabela 8). Nesta mesma situação está o BRS Capiçu, apresentando um custo fixo de cerca de 62% em relação ao Sorgo e a Pornunça (Tabela 8).

Já quanto aos custos variáveis (energia elétrica, depreciação, mão de obra e manutenção do sistema de irrigação), observou-se variação em cada lâmina empregada (Tabela 8), devido ao custo com energia elétrica, uma vez que há um crescente tempo de funcionamento do sistema à medida que as lâminas aumentam.

As receitas bruta e líquida e a relação benefício custo variam conforme a espécie e lâmina de irrigação, já que cada espécie apresentou produtividades distintas e, portanto, dispõem de valores dessemelhantes.

Para o Aruana, Sorgo e Pornunça, a lâmina de 50% proporcionou uma maior receita bruta e líquida, culminando em uma maior relação benefício custo (B/C) com 71,3, 113,1 e 23,7 respectivamente (Tabela 9). Este valor de B/C indica viabilidade econômica e, seu valor

positivo demonstra sucesso, ou seja, a cada um real investido no Aruana na lâmina de 50% ET₀ ele retorna ao produtor R\$ 71,3.

Tabela 9. Receita bruta, receita líquida (R\$) e relação benefício/custos de espécies forrageiras submetidas a diferentes lâminas de irrigação complementar em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro

Espécies	Receita Bruta (R\$)			
	Lâminas de irrigação			
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀
Aruana	692.160	1128.960	577.920	719.040
Buffel	1.034.880	934.080	685.440	752.640
BRS Kurumi	705.600	1.728.720	2.948.400	1.975.680
Sorgo	1.008.000	1.437.600	1.370.400	1.315.200
BRS Capiapu	2.088.960	2.538.240	3.759.360	4.239.360
Pornunça	88.320	311.040	209.280	197.760
	Receita Líquida (R\$)			
	Lâminas de irrigação			
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀
Aruana	676.598	1.113.350	562.263	703.335
Buffel	1.019.318	918.470	669.783	736.935
BRS Kurumi	682.288	1.705.360	2.924.993	1.952.225
Sorgo	995.443	1.424.996	1.357.748	1.302.500
BRS Capiapu	2.069.653	2.518.886	3.739.958	4.219.910
Pornunça	75.763	298.436	196.628	185.060
	Benefício/Custo			
	Lâminas de irrigação			
	25% ET ₀	50% ET ₀	75% ET ₀	100% ET ₀
Aruana	43,5	71,3	35,9	44,8
Buffel	65,5	58,8	42,8	46,9
BRS Kurumi	29,3	73,0	124,9	83,2
Sorgo	79,3	113,1	107,3	102,5
BRS Capiapu	107,2	130,1	192,8	217
Pornunça	6,0	23,7	15,5	14,6

Os custos com equipamentos de irrigação, implantação e manutenção dos cultivos variou conforme os grupos utilizados, sendo os maiores custos totais para BRS Capiapu e Capim Elefante em razão da sua forma de propagação, estes valores são superiores aos capins de pastejo 32% e as demais grupos/sistemas 63% (Tabela 10).

Tabela 10. Custos (R\$ ha⁻¹) dos equipamentos de irrigação e de implantação do sistema de cultivo de capins para pastejo, gramíneas para ensilagem, espécies fontes de proteína e sistemas consorciados em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro

Custos	Capins para pastejo (Buffel, Braquiária, Mombaça, Tanzânia e mix de capins)
CF	13.733,2
CV	1.844,0
CT	15.577,2
Gramíneas para ensilagem (Sorgo, Cana-de-açúcar e Milho)	
CF	10.885,2
CV	1.686,9
CT	12.572,1
Gramíneas para ensilagem (BRS Capiçu e Capim Elefante)	
CF	18.885,2
CV	1.686,9
CT	20.572,1
Espécies fonte de proteína/Sistemas consorciados	
CF	10.885,2
CV	1.686,9
CT	12.572,1

CF: Custos fixos; CV: Custos variáveis; CT: Custo total.

As receitas bruta e líquida e a relação benefício custo variam conforme a espécie utilizada, sendo os valores superiores de receita bruta encontrados para BRS Capiçu e Capim Elefante com 2.688.000 e 2.208.000 R\$ e, os menores para Alfafa, Feijão guandu e mix de capins com 76.800;119.040 e 174.720 R\$ (Tabela 11). Os maiores valores de receita bruta, culminam em uma maior receita líquida e com isso uma maior relação benefício custo.

Tabela 11. Receita bruta, receita líquida (R\$) e relação benefício/custos de espécies forrageiras em Serra Talhada – PE, Semiárido brasileiro

Espécies/ Sistemas	Receita Bruta (R\$)
Buffel	979.440
Braquiária	1.062.880
Mombaça	949.760
Tanzânia	1.127.840
Mix de capins	174.720
BRS Capiapu	2.688.000
Sorgo	581.450
Cana-de-açúcar	1.000.000
Capim Elefante	2.208.000
Milho	273.180
Alfafa	76.800
Gliricídia	935.040
Moringa	285.120
Leucena	448.000
Feijão guandu	119.040
Buffel-Sorgo-Feijão guandu	1.034.880
Buffel-Sorgo	1.223.040
Buffel-Feijão guandu	435.840
Espécies/ Sistemas	Receita Líquida (R\$)
Buffel	963.863
Braquiária	1.047.303
Mombaça	934.183
Tanzânia	1.112.263
Mix de capins	159.143
BRS Capiapu	2.668.678
Sorgo	568.878
Cana-de-açúcar	987.428
Capim Elefante	2.188.678
Milho	260.608
Alfafa	64.228
Gliricídia	922.468
Moringa	272.548
Leucena	435.428
Feijão guandu	106.468
Buffel-Sorgo-Feijão guandu	1.022.308
Buffel-Sorgo	1.210.468
Buffel-Feijão guandu	423.268
Espécies/ Sistemas	Benefício/Custo
Buffel	61,9
Braquiária	67,2
Mombaça	60,0
Tanzânia	71,4
Mix de capins	10,2
BRS Capiapu	138,12
Sorgo	45,25
Cana-de-açúcar	78,54
Capim Elefante	113,27
Milho	20,73
Alfafa	5,11
Gliricídia	73,37
Moringa	21,68
Leucena	34,63
Feijão guandu	8,47
Buffel-Sorgo-Feijão guandu	81,32
Buffel-Sorgo	96,28
Buffel-Feijão guandu	33,67

4. DISCUSSÃO

4.1 Índices morfofisiológicos

Toda espécie vegetal apresenta um comportamento diferente nos seus padrões de crescimento, já que esta condição é majoritariamente ligada aos seu genótipo. Com isso, inicialmente as taxas de crescimento são menores, pois apresentam um aparelho fotossintético ainda em desenvolvimento, sendo necessário mobilizar suas reservas para o surgimento de novas estruturas e, após atingir um ponto de máxima expansão as taxas começam a diminuir gradativamente, chegando a cessar completamente o crescimento em termos de altura, número de folhas vivas e índice de área foliar (ZHANG et al., 2019). Excedendo-se valores ótimos de dossel da planta, haverá um maior sombreamento e, um maior número de folhas senescentes.

A grande variabilidade apresentada pelos componentes biométricos deste estudo pode ser atribuída a variação sazonal ambiental presente no semiárido, além da maturidade da planta, adubação e manejo do pastejo que podem afetar o desenvolvimento de uma planta forrageira, visto que a formação dos parâmetros de crescimento está diretamente relacionada à atividade meristemática, que é principalmente regulada pela temperatura e luminosidade (COÊLHO et al., 2021). Além disso, o acúmulo de massa no dossel forrageiro é resultado do desenvolvimento individual de perfilhos, sendo estes vinculado ao condicionamento intrínseco da planta, resultando nas características estruturais do dossel forrageiro: espessura do colmo, comprimento foliar, número de folhas vivas e mortas por perfilho e a densidade de perfilhos (ABD EL-MAGEED et al., 2022).

Outra condição que pode afetar o reestabelecimento de uma planta forrageira é a altura de resíduo, uma vez que pastagens manejadas na altura ideal podem recompor-se rapidamente sua área fotossinteticamente ativa, aumentando as taxas de aparecimento de folhas, sendo o conhecimento das características morfofisiológicas de uma planta, uma importante ferramenta para otimizar os sistemas de produção (PAYE; ACHARYA; GHIMIRE, 2022). Além disso, deve-se respeitar a altura de entrada dos animais no pasto, pois o manejo de pastagens na altura ideal tem sido um parâmetro utilizado, de baixo custo e eficiente. Cortes ou pastejos menos intensos garantem que a planta tenha reservas suficientes para rebrotar e produzir folhas novas, já que o processo fotossintético não foi interrompido completamente (SOMEGOWDA et al., 2021). Neste estudo foram respeitadas todas as alturas de resíduo para os capins para pastejo para que houvesse somente a influência das condições ambientais e de manejo nas variáveis de crescimento e de biomassa.

De uma forma geral pode se observar que os índices morfofisiológicos foram afetados pelas lâminas de irrigação do experimento dois, entretanto o aumento nas quantidades de água nem sempre relacionou-se com maiores índices de desenvolvimento. Isto se deve principalmente ao grande volume de chuva verificado no decorrer deste estudo, onde no período de 10 meses a precipitação foi de aproximadamente 700 mm. Sendo assim, a ocorrência de anos atípicos nos padrões de precipitação pluvial demonstra que lâminas de até 50% ET_0 são suficientes para garantir um bom desenvolvimento da maioria das plantas forrageiras (MAGALHÃES et al., 2015).

Além disso, altas temperaturas do ar, baixa umidade relativa e altas taxas evapotranspirativas em grande parte do ano em regiões semiáridas, impactam diretamente nos padrões de desenvolvimento das espécies forrageiras. Sendo assim, diferentes grupos como capins de pastejo, gramíneas de ensilagem e espécies fontes de proteínas exibem comportamento variado ao decorrer dos seus ciclos de condução nas suas variáveis, sobretudo, naquelas que indicam características estruturais como a espessura do colmo, número de folhas, altura de planta e tamanho de folhas (QUEIROZ et al., 2015).

Os parâmetros biométricos analisados no experimento um corrobora com este argumento, onde ao longo dos ciclos avaliados foi possível constatar essa oscilação principalmente em capins destinados ao pastejo, sendo estes os mais influenciados pela variação sazonal. Dessa forma, analisando cada parâmetro em cada ciclo de condução é possível verificar a influência da sazonalidade presente no semiárido, onde ao decorrer do ano existem períodos chuvosos e com temperaturas amenas e, em outros as chuvas cessam completamente e as temperaturas aumentam gradativamente, afetando o crescimento das espécies forrageiras (PAYE; ACHARYA; GHIMIRE, 2022), com isso, o uso de práticas agrometeorológicas visa contornar os efeitos advindo das condições climáticas. Assim sendo, o uso da irrigação complementar de forma adequada aumenta a oferta e, também garante a regularidade de pasto disponível aos animais (SOMEGOWDA et al., 2021).

O clima é considerado o fator preponderante nos processos de formação da vegetação em todos os ecossistemas terrestres e a capacidade de adaptação deve-se principalmente à similaridade climáticas existente entre os locais de origem destas espécies (Buffel, Aruana, Braquiária, Mombaça e Tanzânia) e os novos ambientes a qual estão inseridas (LAI et al., 2022). Através de vários casos de sucesso, foi demonstrado que as gramíneas oriundas do continente

africano são capazes de se adaptar a ambientes estrangeiros (ABD EL-MAGEED et al., 2022; SOMEGOWDA et al., 2021; WANG et al., 2021).

Durante o verão e início do outono as condições ambientais são mais adequadas ao desenvolvimento das plantas forrageiras no semiárido brasileiro, uma vez que neste período predominam-se a maior distribuição de precipitação pluvial aliada a menores temperaturas do ar, fazendo com que ocorra um maior incremento nas variáveis de crescimento (SBRISSIA et al., 2020). Por outro lado, no inverno e primavera as chuvas praticamente inexistem, as temperaturas são elevadas e umidade relativa do ar baixa, diminuindo o crescimento das plantas, o que foi evidenciado neste estudo, onde à medida que passavam-se os meses mais estressantes (Julho a Dezembro) as plantas apresentavam um melhor desenvolvimento.

Além dos elementos climáticos, os padrões de crescimento de uma espécie são influenciados pelas condições de manejo empregado combinadas com os cenários presentes no ambiente a qual está submetida. Neste estudo, a adubação foi realizada apenas na implantação de cada cultura e, a água de irrigação considerada de alta salinidade. Sendo assim, em períodos onde praticamente inexistem as precipitações pluviais, recorre-se como única forma de entrada de água nos sistemas a irrigação, portanto, aumenta-se os níveis salinos, diminuindo a atividade fotossintética, a absorção de nutrientes e, consequentemente, reduzindo as taxas de desenvolvimento (LI et al., 2022).

As espécies avaliadas neste estudo apresentavam uma moderada tolerância a salinidade da água de irrigação, sendo assim, de uma maneira geral todas as espécies sofreram influência da água salobra que apresentou altas concentrações de sais. Menezes et al. (2022) mencionaram que águas com salinidade acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ inibem o crescimento das plantas, impactando na altura, número de folhas e na capacidade de emissão de novos perfilhos para o caso de capins de pastejo.

4.2 Rendimento de forragem

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que existe uma grande variabilidade de rendimento de matéria fresca e seca nas diferentes espécies analisadas, além de quantidades diferentes para taxa de acúmulo de forragem nos ciclos conduzidos em cada grupo forrageiro. Tais fatores são fortemente atrelados as condições climáticas e, tendo em vista que qualquer variação ambiental pode afetar positivamente ou negativamente o rendimento forrageiro, ou

seja, aumentos gradativos da temperatura do ar ocasiona estresse térmico, reduzindo a atividade fotossintética (MENEZES et al., 2019).

No inverno e primavera os estresses presentes no semiárido, como o térmico advindo de altas temperaturas e o déficit hídrico oriundo da diminuição das chuvas, tornam o ambiente desfavorável ao desenvolvimento das plantas, afetando a produção de biomassa. Moncada et al. (2022) expuseram que as gramíneas tropicais tendem a reduzir seu acúmulo de forragem e aumentar a taxa de senescência associada a uma menor capacidade fotossintética. Neste estudo foi possível verificar tais comportamentos principalmente para os capins de pastejo (Figura 7, 8, 9 e 10).

Outro aspecto que contribui para o rendimento forrageiro das espécies é o genótipo, espécies pertencentes a grupos diferentes, dispõem de características estruturais como a massa foliar, colmo e demais componentes que impactam no quantitativo de forragem (BHANDARI; WEST; ACOSTA-MARTINEZ, 2020), mesmo que estejam submetidas as mesmas condições ambientais e manejo, podem ocorrer diferenciações em termo de biomassa acumulada, como é o caso das gramíneas de porte alto: BRS Capiáçu (Figura 13) e Capim Elefante (Figura 14) que possuem alta capacidade de produção, ao contrário de gramíneas de porte baixo: Buffel, Mombaça e Tanzânia.

As variações nos rendimentos das espécies forrageiras afetam diretamente a capacidade de suporte. Em geral as gramíneas forrageiras tropicais possuem uma capacidade de suporte de 0,8 a 1,2 UA/ha/ano para bovinos (AL MAMUN et al., 2023). Neste estudo, os capins para pastejo apresentaram uma média de 4,7 UA ha⁻¹ ano⁻¹ (UA= 450 Kg para bovinos), valores superiores aos mencionados na literatura.

Os capins de pastejo no experimento I foram submetidas as mesmas condições de manejo hídrico (100% ET₀), mesmo assim apresentaram diferenças de rendimento de matéria seca. O Tanzânia demonstrou uma média de 27,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, rendimento superior 22, 11 e 11,6% em relação ao Buffel, Braquiária e Mombaça, respectivamente. Dessa forma, o Tanzânia apresentou cerca de 6,7 ciclos ao ano, sendo mais produtivo e, possibilitando uma capacidade de suporte ao ano (6,4 bovinos e 57,3 caprinos/ovinos por hectare/ano). De uma maneira geral, os capins Mombaça e Tanzânia apresentaram as maiores quantidade de ciclos ao ano, portanto são capazes de maiores produções durante o ano, isso se deve a característica do gênero de alta produtividade e a maior eficiência de uso da água (SBRISIA et al., 2020).

As gramíneas de ensilagem do experimento I apresentaram diferenças quanto ao rendimento de matéria seca, nesta situação o BRS Capiacu exibiu um rendimento de matéria seca de 111,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, rendimento este superior 67,3, 22, 15 e 96,7% em relação Sorgo, Capim-Elefante, Cana-de-açúcar e Milho, respectivamente. Sendo este, um fator intrínseco da cultivar BRS Capiacu que apresenta a potencialidade de ser superior em termos de produção de biomassa, além de, uma excelente habilidade de aproveitamento da água (OLIVEIRA GONÇALVES et al., 2022).

Por outro lado, o milho se destacou de forma negativa em termos de rendimento com uma média de 3,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Apesar de produzir forragem de alta qualidade nutricional, é um alimento de alto custo, pois o cultivo desta espécie exige um grande volume de água e, não possui a capacidade de ciclos sucessivos (rebrotar), diferentemente do sorgo, sendo este preferível principalmente em regiões semiáridas que dispõem de um quantitativo de água baixo (DIEPERSLOOT et al., 2021).

Em relação as leguminosas, ainda no experimento I, houve diferenças no rendimento destas, relacionando principalmente as características inerentes as espécies, além da tolerância as condições ambientais e de manejo utilizadas. Nesta situação, a Gliricídia e a Leucena apresentaram rendimentos de matéria seca superiores em relação a Alfafa, Moringa e o Feijão-guandu e, uma capacidade de suporte maior. Contudo, a Gliricídia possui uma baixa aceitabilidade inicial pelos animais, devendo-se para isso utilizar manejos de conservação como a ensilagem/fenação ou ainda, uma adaptação dos animais, ou seja, ofertar aos poucos na alimentação até adquirirem o hábito de consumi-la (BRITO et al., 2020).

O uso de leguminosas na propriedade trás diversos benefícios, além dos múltiplos usos destas, como a diminuição da necessidade de adubação nitrogenada, melhor valor nutritivo, possibilidade de diversas configurações de consórcio, banco de proteína, cerca viva e adubação verde (OLIVEIRA et al., 2018). Neste estudo, a Alfafa apresentou um rendimento médio de matéria seca satisfatório (7,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e, ainda possui a possibilidades de múltiplos ciclos ao longo do ano com cerca de 7,7 ciclos sendo esta considerada a leguminosa forrageira de maior valor nutritivo (LEE, 2018).

Uma estratégia bastante vantajosa para regiões semiáridas é a consorciação, pois promove um incremento nos rendimentos em comparação ao monocultivo, além de utilizar de maneira mais eficiente os recursos. Esta técnica deve ser empregada especialmente com culturas de metabolismo diferentes e, de composição químico-bromatológica distintas, assim

possibilita dietas mais balanceadas (CHEN et al., 2022). Neste estudo, o consórcio envolvendo B-S-FG proporcionou a maior capacidade de suporte com 10,8 bovinos e 121,9 caprinos/ovinos.

A irrigação é uma técnica utilizada para aumentar o rendimento das culturas, diminuindo os efeitos da sazonalidade, contudo, em regiões com a presença de grandes flutuações climáticas são necessários outros mecanismos para garantir o potencial produtivo das culturas e, o uso de espécies resilientes é uma excelente alternativa (PAREDES et al., 2018). O suprimento mínimo de irrigação, aliada a distribuição pluviométrica regular durante condução de uma espécie pode proporcionar tendências positivas no aumento de massa fresca e seca para a maioria das forrageiras, quando comparada as maiores lâminas (HALLI et al., 2022). Tendo em vista que maiores quantidades de água no solo podem causar a saturação e diminuição da aeração do solo e, reduzindo sua respiração e, por consequência menor eficiência fotossintética, resultando em uma menor produtividade, além disso, maiores quantidades de água ofertada aumenta o custo de produção (ABD EL-MAGEED et al., 2022).

Nossos resultados no experimento II para os capins para pastejo comprova que o estudo com lâminas de irrigação é fundamental no gerenciamento dos recursos hídricos. Neste foi evidente que o rendimento do BRS Kurumi nos ciclos um e dois respondeu de forma positiva até a lâmina de 75% ET_0 , decrescendo com a de 100% ET_0 . Outro fator que deve ser considerado é que os capins Buffel e Aruana não foram influenciados pelas lâminas em ambos os ciclos avaliados. Estes resultados não eram esperados, visto que maiores lâminas de água implicam em maiores rendimento.

O BRS Capiáçu apresentou valores de produtividade superior ao sorgo no experimento II, demonstrado a superioridade desta espécie em termos de produção de biomassa, além de responder de forma satisfatória ao incremento hídrico, sendo este um fator primordial do planejamento de cultivo de espécies forrageiras (YOUSAF et al., 2021). Neste estudo foi evidenciado que a lâmina de 100% ET_0 apresentou os valores maiores para produtividade de matéria fresca (~100 t/ha) nos ciclos um e dois, sendo este valor semelhante ao encontrado na literatura para as condições semiáridas irrigadas (PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017).

Em relação ao sorgo foi constatado que o rendimento de matéria fresca não foi influenciado pelas lâminas de irrigação em ambos os ciclos, somente o rendimento de matéria fresca no ciclo, respondendo de forma linear positiva ao aumento da lâmina. Estes resultados estão dessemelhantes aos mencionados por Costa et al. (2020), onde estes observaram que

lâminas maiores provocam um decréscimo no rendimento em razão de desequilíbrios nutricionais provocados lixiviação de nutrientes.

Ainda no experimento II, a Pornunça demonstrou uma produtividade de matéria fresca $16,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na lâmina de 50% ET_0 no ciclo 1 e $27,51 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na lâmina de 25% ET_0 no ciclo 2. A literatura relata que em condições de sequeiro a Pornunça apresenta cerca de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, evidenciando que manejos resilientes podem otimizar a produção. Esta espécie apresenta tolerância ao estresse hídrico, persistindo mesmo nas épocas de estiagem, contudo, não deve ser ofertada de forma exclusiva aos animais por ser uma planta cianogênica que apresenta compostos (linamarina e lotaustralina) que, quando hidrolisados pela enzima linamarase, liberam ácido cianídrico (HCN), limitando seu consumo *in natura*, porém grande parte do HCN é eliminado quando o material é fenado ou ensilado, podendo assim ser utilizado na alimentação animal (ALMEIDA; SOUZA; BATISTA, 2019; NASCIMENTO et al., 2016).

Além da quantidade ideal de água para garantir o rendimento das culturas, também deve-se atentar a qualidade desta, uma vez que irrigações com águas de elevados níveis salinos podem ocasionar um decréscimo na disponibilidade de água, resultante da alteração no potencial hídrico na área das raízes que diminuem a absorção de água pela planta (GUO et al., 2023). Com isso, reduz os processos de fotossíntese das plantas, diminuindo a produção de biomassa. Em geral as gramíneas forrageiras apresentam moderada tolerância aos sais, dessa forma, quando a maior quantidade de água presente nos sistemas é advinda da irrigação com águas salinas e, poucas provenientes da precipitação pluvial há um maior acúmulo de sais na zona radicular, impactando nas elevadas oscilações no rendimento das culturas ao longo do ano (HU et al., 2023).

Garantir os nutrientes necessários ao desenvolvimento das culturas também é uma importante ferramenta de manejos dos sistemas forrageiros, já que a maiores disponibilidades de nutrientes fazem com que as plantas expressem seus máximos potenciais, garantindo rendimentos satisfatórios (LAI et al., 2022). Sendo assim, reduções neste parâmetro podem estar relacionado a falta de adubação. Neste estudo a adubação foi realizada somente no plantio das culturas dos dois experimentos, não sendo repostas ao longo dos ciclos de rebrota. Dessa forma, as variações no rendimento podem ser explicadas pela combinação de fatores ambientais e de manejos.

4.3 Viabilidade econômica

Os custos com a implantação de espécies forrageiras em condições semiáridas variaram conforme a espécie e o manejo adotado. Estes custos compreendem a aquisição dos componentes da irrigação, a implantação e manutenção das culturas em campo. Dessa forma, o custo total é a soma dos custos fixos e variáveis.

Os custos fixos compreendem sucção, conjunto moto bomba, recalque, serviços e insumos, estes configuram como sendo os maiores no cultivo de plantas forrageiras deste estudo com cerca de 88% do custo total. Já os custos variáveis representam os gastos com energia elétrica, depreciação dos componentes do sistema de irrigação, mão de obra e manutenção dos componentes, estes representam uma menor parte, contudo são fundamentais no planejamento agrícola, uma vez que influenciam nas tomadas de decisão a médio prazo (ROCHA et al., 2021).

Para o caso de espécies que se propagam por estacas/gemas os custos são elevados em 62% em comparação as que se propagam por sementes, tendo em vista o maior custo com a aquisição das gemas, contudo, estas espécies possuem elevadas produtividades, possuindo um retorno bastante satisfatório ao produtor. De acordo com Duan et al., (2023) uma maneira de conseguir benefícios nas compras é adquirir grandes quantidades e de forma antecipada.

Quanto menor a lâmina de irrigação empregada menor também será os custos, todavia, deve-se atentar a resposta da espécie. Neste estudo, a lâmina de 25% proporcionou maiores receita brutas e líquidas para o Buffel, a de 50% ET_0 para o Aruana, Sorgo e Pornunça. Dessa forma, a escolha de espécies mais tolerantes permitem ao produtor um maior retorno econômico (MONJARDINO et al., 2015).

Na simulação para o experimento I, o BRS Capiçu e o Capim Elefante apresentaram as maiores receitas bruta com 2.688.000 e 2.208.000 R\$, resultando em uma receita líquida de 2.668.678 e 2.188.678 R\$ respectivamente, culminando em um benefício/custo de 138,1 e 113,3, ou seja, para o BRS Capiçu a cada um real investido o produtor terá um retorno de 138,1 R\$.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa trouxe resultados inovadores e inéditos, onde pouco se observa na literatura o estudo de ciclos sucessivos de plantas forrageiras, analisando diferentes componentes. Além disso, o segundo experimento trouxe a associação de lâminas de irrigação

com potenciais forrageiras, investigando os índices de desenvolvimento e rendimento. Dessa forma, os resultados deste estudo indicam que há uma mudança desenvolvimento das plantas forrageiras à medida que são submetidas as variações sazonais, assim como no rendimento e acúmulo de forragem, sugerindo que condições ambientais e de manejo interfere majoritariamente nestas variáveis. Assim, são necessários ajustes sazonais para maximizar a produção de forragem, associando a escolha da planta forrageira ideal e manejos adequados.

Neste estudo, o capim Tanzânia, o BRS Capiçu e a Gliricídia apresentaram rendimentos de matéria seca superiores as demais espécies analisadas, indicando serem excelentes escolhas no planejamento forrageiro. Além disso, o uso de espécies resilientes podem diminuir os efeitos da sazonalidade presente no ambiente, em razão da sua capacidade de resistir em ambientes desfavoráveis de intensa oscilação pluviométrica e térmica.

No ciclo um, as lâminas de irrigação não afetaram a produtividade do Aruana e do Buffel, porém influenciaram no rendimento do BRS Kurumi com um ajuste quadrático. O BRS Capiçu foi influenciado positivamente pelas lâminas de irrigação, onde à medida que se aumentou as lâminas, portanto um ajuste linear positivo para os dois ciclos avaliados.

A consorciação dos diferentes grupos (capins para pastejo, gramíneas para ensilagem e espécies fonte de proteína) é uma alternativa bastante viável para o semiárido, pois há uma complementariedade entre as culturas, reduzindo os custos de produção (adubação e irrigação) e aumentando a eficiência do uso da água e da terra, além de proporcionarem uma maior capacidade de suporte.

O BRS Capiçu e o Capim Elefante apresentaram as maiores receitas líquidas, enquanto que no experimento II a lâmina de 25% ET_0 favoreceu uma maior receita líquida para o Buffel e, a de 50% ET_0 para o Aruana, Sorgo e Pornunça.

Os resultados deste estudo foram significativos e podem fornecer dados e conhecimentos para futuros estudos relacionados, bem como atualizar e minimizar riscos relacionados ao cultivo de plantas forrageiras. No entanto, ainda são necessárias mais pesquisas para analisar o comportamento de diferentes arranjos produtivos entre os grupos: gramíneas e leguminosas em diferentes anos de cultivo e condições ambientais, assim como a utilização de água com maiores níveis salinos, visando obter alternativas para o incremento na produção de forragem em ambientes semiáridos. Além disso, estudos devem ser realizados a fim de estudar a viabilidade econômica de espécies forrageiras em condições semiáridas nas diferentes

situações de manejo (adubação, hídrico), uma vez que a literatura possui poucos relatos científicos sobre esse tema.

6. REFERÊNCIAS

- ABD EL-MAGEED, T. A. et al. Consecutive seasonal effect on yield and water productivity of drip deficit irrigated sorghum in saline soils. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2683–2690, 2022.
- ALARY, V. et al. Assessing the sustainability of livestock socio-ecosystems in the drylands through a set of indicators. **Agricultural Systems**, v. 198, p. 1–16, 2022.
- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. **FAO. Irrigation and Drainage Paper**, v. 56, 1998.
- AL MAMUN, M. A. et al. Biomass production of a sub-tropical grass under different photovoltaic installations using different grazing strategies. **Agricultural Systems**, v. 208, n. April, p. 103662, 2023.
- ALARY, V. et al. Assessing the sustainability of livestock socio-ecosystems in the drylands through a set of indicators. **Agricultural Systems**, v. 198, p. 1–16, 2022.
- ALENCAR, F. H. H. DE et al. Composição Química E Digestibilidade Da Pornunça Sob Duas Fontes De Adubação Orgânica E Cortes. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 215–222, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, C. P. et al. Resiliência agrícola no cultivo consorciado palma-sorgo em ambiente semiárido: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, p. 3932–395, 2021.
- ANDRADE, B. M. DA S. et al. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, p. 1–7, 2015.
- BAYÃO, G. F. V et al. Dehydration and chemical composition of *Leucena* (“*Leucena leucocephala*”) and *Gliricidia* (“*Gliricidia sepium*”). **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 17, n. 03, p. 365–373, 2016.
- BITTENCOURT, C. A. et al. Replacement of soybean meal with alternative protein sources in the concentrate supplement for lactating Holstein × Gyr cows in an intensive tropical pasture-based system: Effects on performance, milk composition, and diurnal ingestive behavior. **Livestock Science**, v. 259, n. May 2020, 2022.
- BORBUREMA, J. B. et al. Evaluation of elephant grass silages added with pornunça hay.

Revista Eletrônica de Veterinária, v. 17, n. 1, 2016.

BRITO, G. S. M. DA S. et al. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.

CAIRO, F. C. et al. Nutrição e Produção de Ruminantes Consumo e digestibilidade aparente das silagens de seis cultivares de sorgo em ovinos Intake and apparent digestibility of silages from six sorghum cultivars in PB MS PB. v. 610, p. 2015–2017, 2017.

CARNEVALLI, R. A. et al. Growth of *Megathyrus maximus* cv. Mombaça as affected by grazing strategies and environmental seasonality. I. Tillering dynamics and population stability. **Crop and Pasture Science**, v. 72, n. 1, p. 55–65, 2021.

CORRÊA, R. D. G. et al. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Sowing operation direction and population densities in corn growing e densidades populacionais no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 183–187, 2019.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. Composição bromatológica de beterraba, capim elefante e farinha de peixe. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 24, n. 3, p. 53–69, 2021.

DA ROSA, P. P. et al. Características do Capim Elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiçu. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 70–84, 2019.

DABUL, ANAINA G.; VEIGA, J. P.; GOBETTI, S. T. C. CHARACTERISTICS AND FORMS OF MANAGEMENT OF THE SUDAN CAPIM (*Sorghum sudanense*). **Ciência Veterinária**, v. 1, n. 2, 2018.

DOTANIYA, M. L. et al. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 185–194, 2016.

DOWLING, A. et al. Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture – a review. **Field Crops Research**, v. 260, n. December 2019, p. 107980, 2021.

DUAN, C. et al. Assessing trade-offs among productive, economic, and environmental indicators of forage systems in southern Tibetan crop-livestock integration. **Science of The Total Environment**, v. 876, n. December 2022, p. 162641, 2023.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, n. February, 2021.

EL SHAER, H. M. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the

Near East region. **Small Ruminant Research**, v. 91, n. 1, p. 3–12, 2010.

FENG, Y. et al. Yield and quality properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and their influencing factors in China. **European Journal of Agronomy**, v. 141, n. September, p. 126637, 2022.

FERNANDES, J. S. P. et al. Características estruturais do capim-aruaana em quatro alturas de resíduos. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 71–81, 2017.

FUST, P.; SCHLECHT, E. Importance of timing: Vulnerability of semi-arid rangeland systems to increased variability in temporal distribution of rainfall events as predicted by future climate change. **Ecological Modelling**, v. 468, n. September 2021, p. 109961, 2022.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51–57, 2015.

HENTZ, F. et al. Exigências nutricionais de caprinos de corte e sua determinação Fernando. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 7, n. 12, p. 12–26, 2020.

HUGHES, M. P. et al. Accuracy of two optical chlorophyll meters in predicting chemical composition and in vitro ruminal organic matter degradability of *Brachiaria* hybrid, *Megathyrsus maximus*, and *Paspalum atratum*. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 67–76, 2017.

JARDIM, A. M. DA R. F. et al. Inter-relação das características de manivas na propagação vegetativa de *Manihot glaziovii* em ambiente Semiárido. **Pubvet**, v. 12, n. 9, p. 1–7, 2018.

LEAL, V. N. et al. Produção e valor nutritivo de forragem de cultivares de capim-elefante em diferentes períodos de rebrotação. **Research, Society and Development**, v. 2020, p. 1–19, 2019.

LEITE, J. H. G. M. et al. **Adaptive assessment of small ruminants in arid and semi-arid regions. Small Ruminant Research**, 2021.

LEMOS, A. J. et al. Consumo, comportamento ingestivo, desempenho, características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de cordeiros em terminação alimentados com feno ou silagem de gliricídia. **Archives of Veterinary Science**, n. 2, p. 94–110, 2020.

LI, J. et al. The optimal irrigation water salinity and salt component for high-yield and good-quality of tomato in Ningxia. **Agricultural Water Management**, v. 274, n. June, p. 107940, 2022.

LUCENA, R. L.; FERRER, É.; GUILHERMINO, M. M. Mitigando os riscos da seca através de ações de recuperação e preservação do bioma caatinga no semiárido brasileiro. **Brazilian**

Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 36546–36557, 2021.

MA, T. et al. Recent advances in nutrient requirements of meat-type sheep in China: A review.

Journal of Integrative Agriculture, v. 21, n. 1, p. 1–14, 2022.

MALAFAIA, G. C. et al. A mensuração do produto interno bruto do complexo da bovinocultura de corte no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 2, p. 1–11, 2021.

MALEKO, D. et al. Forage growth, yield and nutritional characteristics of four varieties of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the west Usambara highlands, Tanzania.

Scientific African, v. 6, p. e00214, 2019.

MANSOOR, U. et al. Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. **Flora**, v. 261, p. 1–11, 2019.

MATOS, L. V. et al. Soil attributes and the quality and yield of ‘Gigante’ cactus pear in agroecosystems of the semiarid region of Bahia. **Journal of Arid Environments**, v. 185, n. October 2020, 2021.

MENDES, R. DA S. et al. Bromatologia de espécies forrageiras no norte tocantinense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1–14, 2010.

MONÇÃO, F. P. et al. O capim-buffel. **Agrarian**, v. 4, p. 258–264, 2011.

MONJARDINO, M. et al. Economic evaluation of irrigated forage production in a beef cattle operation in the semi-arid tropics of northern Australia. **Agricultural Systems**, v. 139, p. 122–143, 2015.

MOREIRA, J. A. DE S. et al. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de acessos de capim-buffel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 391–400, 2015.

NASCIMENTO, J. M. L. DO et al. Crescimento inicial e composição bromatológica de plantas de pornuncia adubadas com fósforo e inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 561–571, 2016.

NEIVA, J. N. M.; SANTOS, M. V. F. DOS. **FORRAGEIRAS NO BRASIL : Culturas Forrageiras no Brasil : uso e perspectivas**. [s.l: s.n.].

OLIVEIRA, A. P. D. et al. Effect of ensiling gliricidia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, n. May, p. 198–209, 2018.

OLIVEIRA, S. C. DE et al. Efeitos da aplicação da vinhaça em capim Aruana (*Panicum maximum* JACQ. CV. Aruana). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1096–1106, 2015.

PAULA, P. R. P. et al. Composição bromatológica da silagem de capim- elefante BRS Capiaçú

com inclusão fubá de milho Chemical composition of BRS Capiacu elephant grass silage with cornmeal inclusion . Composición química del ensilaje de pasto elefante BRS Capiacu con inclusión. **Pubvet**, v. 14, p. 148, 2020.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. DE A.; CÉZAR, M. F. Management of the caatinga for the production of goats and sheep. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 77–90, 2013.

PEREIRA, P. D. C. et al. Morfogênese Da Palma Forrageira Irrigada Por Gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184–195, 2015.

PEREIRA, A. VANDER; LÉDO, F. J. DA S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiacu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 59–62, 2017.

PINHO, R. M. A. et al. Avaliação de fenos de capim-buffel colhido em diferentes alturas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Producao Animal**, v. 14, n. 3, p. 437–447, 2013.

QUINTINO, A. DA C. et al. Valor nutritivo de silagem de capim-piatã em monocultivo e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 185–191, 2016.

RIBEIRO, P. P. et al. Porcentagem de proteína em suplementos para ovinos mantidos em pasto de capim-aruaana na época seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1779–1786, 2014.

ROCHA, L. G. DA et al. Viabilidade econômica para os cultivos de soja e milho na região Sudeste de Goiás. **Agrarian**, v. 14, n. 54, p. 442–453, 2021.

ROGÉRIO, M. C. P. et al. Manejo alimentar de caprinos e ovinos nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 12–26, 2016.

RUAN, H. et al. Future climate change projects positive impacts on sugarcane productivity in southern China. **European Journal of Agronomy**, v. 96, n. September 2017, p. 108–119, 2018.

SÁ, M. K. N. DE et al. Silagem de palma forrageira com Gliricidia Sepium: alternativa alimentar para o Semiárido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e27210212473, 2021.

SADEGHPOUR, A. et al. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. **Field Crops Research**, v. 148, p. 43–48, 2013.

SALVADOR, K. R. DA S. et al. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira

por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2322–2343, 2021.

SANTANA, J. C. S. et al. Características fermentativas , composição química e fracionamento introdução. **Forragicultura e Pastagens**, v. 76, p. 1–9, 2019.

SANTOS, A. R. M. DOS et al. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 16, n. 03, p. 758–769, 2023.

SILVA, N. V. DA et al. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 4, p. 233–241, 2010.

SILVA, M. D. A. et al. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 571–578, 2015.

SILVA, T. A. et al. Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 192, n. May, 2021.

SOLTAN, Y. A. et al. Potential of mimosine of *Leucaena leucocephala* for modulating ruminal nutrient degradability and methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 223, p. 30–41, 2017.

SOUSA, E. L. DE et al. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. **Nutri-Time**, v. 15, n. 1983–9006, p. 8272–8284, 2018.

SURENDRAN, U. et al. Improved sugarcane productivity with tillage and trash management practices in semi arid tropical agro ecosystem in India. **Soil and Tillage Research**, v. 158, p. 10–21, 2016.

TOMMASINO, E. et al. Individual and combined effects of drought and heat on antioxidant parameters and growth performance in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 104–111, 2018.

Uzcátegui-Varela, J. P. et al. Nutritional assessment of tropical pastures as a sustainability strategy in dual-purpose cattle ranching in the South of Lake Maracaibo, Venezuela. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 7, p. 432–439, 2022.

VARGAS JUNIOR, F. M. et al. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 295–298, 2012.

WANG, L. et al. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China. **Agricultural Water Management**, v. 243, n.

December 2019, 2021.

WASIM, M. A.; NAZ, N.; ZEHRA, S. S. Anatomical characteristic, ionic contents and nutritional potential of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) under high salinity. **South African Journal of Botany**, v. 144, p. 471–479, 2022.

YANG, C. T. et al. Updating maintenance energy requirement for the current sheep flocks and the associated effect of nutritional and animal factors. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 295–302, 2020.

YANG, W. et al. Increasing rainfed wheat yield by optimizing agronomic practices to consume more subsoil water in the Loess Plateau. **Crop Journal**, v. 9, n. 6, p. 1418–1427, 2021.

ZHANG, Z. et al. Optimizing agronomic practices for closing rapeseed yield gaps under intensive cropping systems in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 5, p. 1241–1249, 2020.

ZHANG, Y. et al. Effects of organic ground covers on soil moisture content of urban green spaces in semi-humid areas of China. **Alexandria Engineering Journal**, v. 60, n. 1, p. 251–259, 2021.

ZHANG, Z. et al. Optimizing agronomic practices for closing rapeseed yield gaps under intensive cropping systems in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 5, p. 1241–1249, 2020.