



UNIVERSIDADE ESTADUAL
VALE DO ACARAÚ

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA

TEOR DE NUTRIENTES E COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE
***Urochloa mosambicensis* SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

RITA DE KÁSSIA OLIVEIRA TAVARES

SOBRAL - CE
AGOSTO – 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA

TEOR DE NUTRIENTES E COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE
***Urochloa mosambicensis* SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

RITA DE KÁSSIA OLIVEIRA TAVARES

SOBRAL – CE
AGOSTO – 2024

RITA DE KÁSSIA OLIVEIRA TAVARES

**TEOR DE NUTRIENTES E COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE
Urochloa mosambicensis SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura e Pastagem

Orientador:

Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza

Coorientador:

Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu

SOBRAL – CE

AGOSTO – 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sistema de Bibliotecas

Tavares, Rita de Kássia Oliveira

Teor de nutrientes e componentes estruturais em acessos de *Urochloa mosambicensis* submetidos a duas condições de luminosidade / Rita de Kássia Oliveira Tavares. -- Sobral, 2024.

113 f. il. color.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza.

Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.

Dissertação - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Mestrado em Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas

1. Capim-corrente. 2. produção de forragem. 3. sombreamento. 4. seleção de genótipos. I. Título.

RITA DE KÁSSIA OLIVEIRA TAVARES

**TEOR DE NUTRIENTES E COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE
Urochloa mosambicensis SUBMETIDOS A DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

Dissertação defendida e aprovada em 30 de agosto de 2024 pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 MELISSA ODA SOUZA
Data: 12/03/2025 19:13:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Doutora Melissa Oda Souza
Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Membro Externo

Documento assinado digitalmente
 MAGNO JOSE DUARTE CANDIDO
Data: 20/03/2025 14:19:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Doutor Magno José Duarte Cândido
Universidade Federal do Ceará - UFC

Membro Externo

Documento assinado digitalmente
 TIBERIO SOUSA FEITOSA
Data: 30/03/2025 23:15:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós-Doutorando Tibério Sousa Feitosa
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/UVA.

Documento assinado digitalmente
 ROBERTO CLAUDIO FERNANDES FRANCO POMI
Data: 22/04/2025 14:38:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Coorientador

Documento assinado digitalmente
 HENRIQUE ANTUNES DE SOUZA
Data: 22/04/2025 17:22:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Henrique Antunes de Souza
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Orientador

SOBRAL – CE

AGOSTO – 2024

Dedico

Dedico esse trabalho à minha família, minha inspiradora mãe Maria do Desterro, meu pai Manoel e meus irmãos, Gilvan, Pedro Henrique e Maria Rita.

“Trate bem a terra. Ela não lhe foi doada pelos seus pais. Ela foi-lhe emprestada por seus filhos.”

Provérbio antigo do Quênia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me possibilitar sonhar com o propósito e me dar toda a força, saúde e coragem para viver essa experiência grandiosa em minha vida. Durante esse processo, houve momentos em que eu não me sentia capaz de continuar, e minha espiritualidade me fez ver que eu estava no caminho certo. Deus nas suas infinitas formas.

Aos meus pais, Manoel e, em especial, à minha mãe Desterrinha, que foi uma sonhadora e batalhadora, e abriu o caminho para que hoje eu pudesse trilhá-lo. Vocês são minha base e fonte de inspiração.

Ao meu orientador, Dr. Henrique Antunes, e ao meu coorientador, Dr. Roberto Pompeu, por serem exemplos de profissionais, por sempre estarem presentes e por me ajudarem a crescer profissionalmente e pessoalmente.

Agradeço ao Dr. Henrique por todo apoio desde o início desse processo, por ter confiado em mim para ser sua orientanda, por toda a paciência em tirar minhas dúvidas, em repassar seus ensinamentos e por sempre me passar tranquilidade.

Ao Dr Roberto, por me receber em sua equipe, por todo apoio, por sua paciência e por compartilhar seu conhecimento de forma tão generosa.

À Universidade Estadual Vale do Acaraú e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado. Agradeço também aos professores do programa de mestrado, cujas aulas e orientações foram essenciais para a minha formação acadêmica.

À Embrapa Caprinos e Ovinos e à Embrapa Meio-Norte, pela parceria durante o período de mestrado e por todos os ensinamentos adquiridos durante este período.

À CAPES, pelo financiamento da minha bolsa de mestrado.

Às minhas queridas amigas de mestrado, Bruna, Brunielle, Margarida e Bárbara por compartilharem comigo suas experiências, por suas palavras de encorajamento e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Às minhas amigas, Naysla, Liamara, Ana Paula, Amanda, Anne Caroline, Andressa, Hosana, Paula, Daiane, Joyce e Bárbara Karen, mulheres incríveis que tive a honra de conhecer e que tanto contribuíram para que hoje eu estivesse aqui.

Agradeço a Joyce e ao Wesley pelas palavras certas quando eu precisei, elas foram importantes para que eu continuasse perseverante e determinada para alcançar esse objetivo.

Aos queridos, Sr. Moreira, laboratorista da Embrapa Meio-Norte e o Sr. Adalto, manejador da Embrapa Caprinos e Ovinos, pela paciência em repassar seus conhecimentos e por serem sempre prestativos e amigos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	14
RESUMO GERAL	15
GENERAL ABSTRACT	16
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. CAPÍTULO I: TEOR DE NUTRIENTES EM ACESSOS DE <i>Urochloa mosambicensis</i> SUBMETIDOS A CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE	20
4. INTRODUÇÃO.....	23
5. MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 Local, período experimental, características geográficas e climáticas.....	25
5.2 Coleta e caracterização do solo	25
5.3 Tratamentos e delineamento experimental	26
5.4 Plantio e adubação	26
5.5 Irrigação.....	27
5.6 Período de estabelecimento e corte de uniformização.....	28
5.7 Avaliação nutricional de macro e micronutrientes	28
5.8 Análise estatística dos dados	29
6. RESULTADOS.....	30
7. DISCUSSÃO.....	55
8. CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
9. CAPÍTULO II: COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE <i>Urochloa</i> <i>mosambicensis</i> SUBMETIDOS A CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE.....	69
10. INTRODUÇÃO.....	72
11. MATERIAL E MÉTODOS	74
11.1 Local, período experimental, características geográficas e climáticas.....	74
11.2 Coleta e caracterização do solo	74
11.3 Tratamentos e delineamento experimental	75
11.4 Plantio e adubação	75
11.5 Irrigação.....	76
11.6 Período de estabelecimento e corte de uniformização.....	77
11.7 Avaliação das características estruturais dos genótipos	77

11.8	Análise estatística dos dados	78
12.	RESULTADOS	80
13.	DISCUSSÃO	97
14.	CONCLUSÕES	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima (%) durante o ano de 2021 da estação meteorológica da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará.....	25
Figura 2. Croqui do experimento.....	27
Figura 3. Estrutura de bambu para instalação do sombrite de polipropileno com 50% de transmissão luminosa.....	28
Figura 4. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de nitrogênio para cada genótipo.....	31
Figura 5. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de nitrogênio para cada genótipo.....	32
Figura 6. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos <i>Urochloa mosambicensis</i> das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de nitrogênio para cada ambiente.	32
Figura 7. Teor de fósforo em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de fósforo para cada ambiente.	33
Figura 8. Teor de potássio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de potássio para cada ambiente.	34
Figura 9. Teor de cálcio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cálcio para cada genótipo.....	34
Figura 10. Teor de cálcio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cálcio para cada ambiente.	35
Figura 11. Teor de Magnésio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de magnésio para cada genótipo.....	36
Figura 12. Teor de Magnésio em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de magnésio para cada ambiente.	36
Figura 13. Teor de enxofre em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã e em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de enxofre para cada genótipo em cada ambiente.	38
Figura 14. Teor de boro em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada genótipo.....	39
Figura 15. Teor de boro em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada genótipo.....	40

Figura 16. Teor de boro em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada ambiente.	40
Figura 17. Teor de cobre em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cobre para cada genótipo em cada ambiente.	42
Figura 18. Teor de ferro em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de ferro para cada genótipo em cada ambiente.....	44
Figura 19. Teor de manganês em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de manganês para cada genótipo em cada ambiente.	46
Figura 20. Teor de zinco em folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de zinco para cada genótipo em cada ambiente.....	48
Figura 21. Contribuição (%) das variáveis nutricionais avaliadas.	50
Figura 22. Gráfico Biplot dos componentes principais (PC1 e PC2) das variáveis nutricionais avaliadas nos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.	51
Figura 23. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) nos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.	53

CAPÍTULO II

Figura 24. Precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima (%) durante o ano de 2021 da estação meteorológica da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará.....	74
Figura 25. Croqui do experimento.....	76
Figura 26. Estrutura de bambu para instalação do sombrite de polipropileno com 50% de transmissão luminosa.....	77
Figura 27. Altura da planta dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média da altura do dossel para cada genótipo.....	82
Figura 28. Altura da planta dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da altura da planta para cada genótipo.	83
Figura 29. Altura da planta dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da altura da planta para cada ambiente.....	83
Figura 30. Comprimento final da lâmina foliar dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do comprimento da lâmina foliar para cada ambiente.....	84

Figura 31. Biomassa de forragem total dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem total para cada genótipo.....	85
Figura 32. Biomassa de forragem total dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem total para cada ambiente.....	85
Figura 33. Biomassa de forragem morta dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem morta para cada genótipo.....	86
Figura 34. Biomassa de forragem morta dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem morta para cada ambiente.....	86
Figura 35. Biomassa de forragem verde dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem verde para cada ambiente.....	87
Figura 36. Biomassa de lâmina verde dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de lâmina verde para cada ambiente.....	88
Figura 37. Biomassa de colmo verde dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de colmo verde para cada ambiente.....	88
Figura 38. Relação lâmina foliar:colmo dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ambientes de sol e sombra, onde o eixo y representa à média da relação lâmina foliar:colmo para cada ambiente.....	89
Figura 39. Densidade populacional de perfilhos dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos, onde o eixo y representa à média da densidade populacional de perfilhos para cada genótipo.....	90
Figura 40. Porcentagem de perfilhos reprodutivos dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos, onde o eixo y representa à média da porcentagem de perfilhos reprodutivos para cada genótipo.....	91
Figura 41. Contribuição (%) das variáveis estruturais avaliadas.....	93
Figura 42. Gráfico Biplot dos componentes principais (PC1 e PC2) das variáveis estruturais avaliadas nos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.....	94
Figura 43. Dendrograma utilizando-se a distância euclidiana pelo método de UPGMA (Average Linkage) nos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.....	95

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 do solo Luvissole Crômico.	26
Tabela 2. Médias gerais e significância da análise de variância dos efeitos isolados de genótipo, ambiente, ciclo e interação genótipo x ambiente, genótipo x ciclo, ambiente x ciclo e genótipo x ambiente x ciclo sobre os teores de macros e de micronutrientes nas folhas dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã submetidos a duas condições de luminosidade.....	30
Tabela 3. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando-se 66 tratamentos.....	49
Tabela 4. Correlação, Qualidade de representação (Cos2) e contribuição (%) entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas em 66 tratamentos	49
Tabela 5. Média do teor nutricional dos grupos formados pelos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e pelas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em sol pleno em três ciclos de cultivo de acordo com o Dendograma.....	54

CAPÍTULO II

Tabela 6. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 do solo Luvissole Crômico.	75
Tabela 7. Médias gerais e significância da análise de variância dos efeitos isolados de genótipo, ambiente, ciclo e interação genótipo x ambiente, genótipo x ciclo, ambiente x ciclo e genótipo x ambiente x ciclo sobre os componentes estruturais dos acessos de <i>Urochloa mosambicensis</i> e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade.....	81
Tabela 8. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando-se 66 tratamentos.....	91
Tabela 9. Correlação, Qualidade de representação (Cos2) e contribuição (%) entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas em 66 tratamentos	92
Tabela 10. Média dos componentes estruturais dos grupos formados pelos genótipos de <i>Urochloa mosambicensis</i> em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em sol pleno em três ciclos de cultivo de acordo com o Dendograma.	96

RESUMO GERAL

A introdução de espécies forrageiras adaptadas ao Semiárido brasileiro é crucial para aumentar a eficiência dos sistemas de produção pecuária nessa região. *Urochloa mosambicensis*, uma gramínea exótica de origem africana, tem se destacado por sua tolerância à seca e potencial para pastagens e fenação. Este estudo tem por objetivo avaliar o efeito do sombreamento artificial com 50% de transmitância sob a composição mineral e as características estruturais dos acessos de *U. mosambicensis*. O experimento foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas sub subdivididas com medidas repetidas no tempo, onde as parcelas consistiram em onze genótipos de *Urochloa*, sendo nove acessos de *U. mosambicensis* e duas cultivares: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e BRS Piatã, as subparcelas correspondem a duas condições ambientais (pleno sol e sombreamento artificial) e as sub subparcelas três ciclos de produção. Em cada ciclo, as plantas foram particionadas em folha (folha expandida e folha emergente), pseudocolmo (colmo + bainha), material morto, inflorescência e ao fim do terceiro ciclo, em raiz. Para as análises nutricionais de macro e de micros nutrientes, utilizou-se as folhas. Para a avaliação dos componentes estruturais, foi determinado Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFM, BFV, BLV, BCV, LF:C, DPP, %Perfrep, %Fol, %Col, %Infloresc e BRaiz. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott-Knott para comparação de médias, em seguida foram submetidos a ACP e agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA. Os resultados indicam que a redução de luminosidade impactou o desenvolvimento estrutural e a composição mineral das plantas. O sombreamento aumentou os teores dos nutrientes N, K, B e Cu. Entre os ciclos de produção, os teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu e Mn foliar reduziram do ciclo 1 para o ciclo 3. Nos componentes estruturais o sombreamento aumentou a Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFV, BLV, BCV e reduziu a DPP, %Perfrep e BRaiz. Ao decorrer dos ciclos de produção, a LF:C e DPP aumentou do ciclo 1 para o ciclo 3. Conclui-se que os acessos UmCO-2 (2), UmCO-8 (1) e UmCO-14 possuem potencial para avaliação em sistemas de produção com nível de transmitância luminosa em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa.

Palavras-chave: Capim-corrente, produção de forragem, sombreamento, seleção de genótipos

GENERAL ABSTRACT

The introduction of forage species adapted to the Brazilian Semi-arid region is crucial for increasing the efficiency of livestock production systems in this area. *Urochloa mosambicensis*, an exotic grass of African origin, has stood out for its drought tolerance and potential for grazing and hay production. This study aims to evaluate the effect of artificial shading with 50% transmissivity on the mineral composition and structural characteristics of *U. mosambicensis* accessions. The experiment was conducted at Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE. The experimental design was a completely randomized with split plots and repeated measures over time, where the plots consisted of eleven *Urochloa* genotypes, including nine accessions of *U. mosambicensis* and two cultivars: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás and BRS Piatã. The subplots corresponded to two environmental conditions (full sun and artificial shading), and the sub-subplots to three production cycles. In each cycle, plants were divided into leaf (expanded leaf and emerging leaf), pseudostem (stem + sheath), dead material, inflorescence, and at the end of the third cycle, into root. For nutritional analysis of macro and micronutrients, leaves were used. For the evaluation of structural components, Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFM, BFV, BLV, BCV, LF:C, DPP, %Perfrep, %Fol, %Col, %Infloresc, and BRaiz were determined. The data were subjected to analysis of variance and Scott-Knott test for mean comparison, followed by PCA and clustering using Euclidean distance and the UPGMA method. Results indicate that reduced light intensity impacted the structural development and mineral composition of the plants. Shading increased the levels of N, K, B, and Cu. Among the production cycles, the foliar levels of P, K, Ca, Mg, S, Cu, and Mn decreased from cycle 1 to cycle 3. In structural components, shading increased Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFV, BLV, BCV and reduced DPP, %Perfrep, and BRaiz. Throughout the production cycles, LF:C and DPP increased from cycle 1 to cycle 3. The results suggest that accessions UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), and UmCO-14 have potential for evaluation in production systems with a light transmissivity level around 50% of photosynthetically active radiation.

Keywords: Sabi grass, forage production, shading, genotype selection.

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A produção pecuária no Semiárido brasileiro, devido às condições ambientais, como a alta temperatura e os baixos índices pluviométricos, enfrenta desafios que afetam a produção de forragem durante o ano. Assim, tem-se buscado a introdução de espécies forrageiras exóticas e adaptadas as condições edafoclimáticas da região, com o intuito de aumentar a produção de forragem, resultando na sustentabilidade e maior eficiência dos sistemas pecuários. Nesse contexto, capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy) tem se destacado, devido principalmente, sua tolerância à seca e a versatilidade de uso; tanto para pastejo quanto para produção de feno e(ou) silagem. Embora ainda não esteja registrado no Brasil, sua exploração nos pastos do território brasileiro tem se intensificado.

Apesar de ainda não possuir cultivares registradas no Brasil, o *Urochloa mosambicensis* vem sendo objeto de pesquisas voltadas para o seu melhoramento genético, como parte do programa desenvolvido pela Embrapa Caprinos e Ovinos, com o objetivo de selecionar genótipos mais produtivos e adaptados ao sistema de produção no Semiárido.

O melhoramento genético dessa espécie visa selecionar genótipos com adaptabilidade a diferentes condições ambientais, incluindo a redução de luminosidade, característica comum nos sistemas silvipastoris. Esses sistemas, que integram árvores e gramíneas forrageiras, têm sido amplamente estudados por seus benefícios ambientais e produtivos, incluindo a melhoria da qualidade do solo, a conservação de água e o aumento da biodiversidade. No entanto, o sombreamento proporcionado pelas árvores e arbustos nesses sistemas impõe desafios à produção forrageira, afetando tanto a quantidade quanto a qualidade da luz que incide sobre o dossel das gramíneas forrageiras. Essa redução na incidência luminosa pode causar mudanças fisiológicas, morfológicas e estruturais nas plantas, influenciando sua capacidade fotossintética, a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, a produção de biomassa.

A plasticidade fenotípica permite que as plantas se ajustem a estresses bióticos e abióticos, dentre eles, o sombreamento, por meio de alterações morfológicas, como o aumento no comprimento de colmos e folhas e redução na densidade populacional de perfilhos. No entanto, a resposta de cada acesso de *Urochloa mosambicensis* ao sombreamento pode variar, devido a variabilidade genética presente dentro da espécie. A avaliação de diferentes acessos de *Urochloa mosambicensis* em ambientes de sombra e pleno sol pode fornecer informações tanto para a seleção de genótipos mais tolerantes ao sombreamento, capazes de manter alta eficiência fotossintética e produção de biomassa em condições de baixa luminosidade e que, posteriormente, possam ser indicados para estudos em sistemas silvipastoris, quanto para seleção de acessos de maior produtividade em condições de monocultivo.

No entanto, pouco se conhece sobre os efeitos do sombreamento em relação as características nutricionais e os componentes estruturais das gramíneas forrageiras, especialmente do *Urochloa mosambicensis*. Este estudo engloba nove acessos de *Urochloa mosambicensis* da coleção de trabalho da Embrapa Caprinos e Ovinos. Com isso, o estudo é dividido em dois capítulos que abordam como o sombreamento influencia os nove acessos quanto aos aspectos do i) teor de nutrientes na folha e ii) morfologia durante três ciclos de crescimento e desenvolvimento do capim-corrente.

No primeiro capítulo, são avaliados os teores dos nutrientes nas folhas dos acessos de capim-corrente sob duas condições de luminosidade. A análise dos teores de macro e micronutrientes nas folhas das plantas submetidas ao sombreamento indica como a disponibilidade de luz pode afetar o teor de nutrientes nas folhas e como os diferentes acessos respondem ao sombreamento durante três ciclos de crescimento. Com exceção da avaliação do teor de nitrogênio em forrageiras, ainda há poucos relatos na literatura sobre estudos com essa temática, ou seja, que abordam a dinâmica dos nutrientes na folha da forragem em resposta a interceptação luminosa. Ainda, este é o primeiro estudo que avalia a resposta dos nutrientes nas folhas dos nove acessos do capim-corrente.

O segundo capítulo aborda o efeito do sombreamento sobre os componentes morfológicos e produtivos dos nove acessos de capim-corrente. Com este estudo, propôs avaliar se há influência do sombreamento nos aspectos como altura do dossel, comprimento da lâmina foliar e densidade populacional de perfilhos, para entender como os acessos de capim-corrente respondem ao sombreamento. Essas análises permitem compreender os mecanismos adaptativos do crescimento e do desenvolvimento dos nove acessos de capim-corrente ao longo de três ciclos.

Em conjunto, os dois capítulos fornecem uma visão abrangente dos efeitos da luminosidade sobre os acessos de capim-corrente, destacando a importância de considerar tantos aspectos nutricionais quanto os aspectos estruturais para a seleção de acessos com potencial adaptativo e produtivo sob essa condição específica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do sombreamento artificial com 50% de transmitância sob a composição mineral e as características estruturais dos acessos de *Urochloa mosambicensis* . (avaliar os genótipos ao ambiente

2.2 Objetivos Específicos

Analisar os teores de macro e micronutrientes em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* submetidos ao sombreamento artificial com 50% de transmitância e em pleno sol.

Avaliar as características estruturais dos acessos de *Urochloa mosambicensis* submetidos ao sombreamento artificial com 50% de transmitância e em pleno sol.

Identificar e selecionar acessos de *Urochloa mosambicensis* com potencial de avaliação em sistemas com sombreamento de até 50% de transmissão luminosa.

**3. CAPÍTULO I: TEOR DE NUTRIENTES EM ACESSOS DE *Urochloa mosambicensis*
SUBMETIDOS A CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

RESUMO

A eficiência na absorção de nutrientes e a adaptação a diferentes condições ambientais são essenciais para a produtividade das gramíneas forrageiras. O *Urochloa mosambicensis* é uma espécie de interesse para a produção de biomassa forrageira, especialmente na região Semiárida, e entender como variações no ambiente de cultivo influenciam suas características nutricionais pode otimizar seu uso. Este estudo tem como objetivo avaliar o teor de nutrientes em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* manejados sob sombreamento artificial com 50% de transmitância e em pleno sol. O experimento foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE, utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado em parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo. As parcelas onze genótipos de *Urochloa*, incluindo nove acessos de *U. mosambicensis* e duas cultivares: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e BRS Piatã, as subparcelas correspondem a duas condições ambientais (pleno sol e sombreamento artificial 50% de transmitância) e as sub subparcelas três ciclos de produção. Em cada ciclo, as plantas foram particionadas em folha, pseudocolmo, material morto, inflorescência e ao fim do terceiro ciclo, em raiz. Para as análises nutricionais, utilizou-se as folhas. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott-Knott para comparação de médias, em seguida foram submetidos a ACP e agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA. Os resultados mostraram que o sombreamento aumenta os teores de N, K, B e Cu. Os acessos de *Urochloa mosambicensis* são mais eficientes na absorção de fósforo em relação às cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. A cultivar BRS Paiaguás apresentou maior exigência por micronutrientes. O acesso UmCO-2 (2) destacou-se pela sua eficiência na absorção de fósforo em ambiente de sol, enquanto sob sombreamento, apresentou maior demanda por micronutrientes, similar ao acesso UmCO-8 (1). A eficiência de absorção de nutrientes varia significativamente entre os acessos e ambientes, evidenciando a importância da reposição adequada de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre para manter a produtividade e qualidade das forrageiras ao longo dos ciclos de produção.

Palavras-chave: Biomassa, nutrientes das folhas, nitrogênio, sombreamento.

ABSTRACT

The efficiency of nutrient absorption and adaptation to different environmental conditions are essential for the productivity of forage grasses. *Urochloa mosambicensis* is a species of interest for biomass production, especially in the Semi-arid region, and understanding how variations in cultivation environments influence its nutritional characteristics can optimize its use. This study aims to evaluate the nutrient content in leaves of *Urochloa mosambicensis* accessions managed under artificial shading with 50% transmissivity and full sun. The experiment was conducted at Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE, using a completely randomized design with split plots and repeated measures over time. The plots consisted of eleven *Urochloa* genotypes, including nine accessions of *U. mosambicensis* and two cultivars: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás and BRS Piatã. The subplots corresponded to two environmental conditions (full sun and artificial shading with 50% transmissivity), and the sub-subplots to three production cycles. In each cycle, plants were divided into leaf, pseudostem, dead material, inflorescence, and at the end of the third cycle, into root. For nutritional analysis, leaves were used. Data were subjected to analysis of variance and Scott-Knott test for mean comparison, followed by PCA and clustering using Euclidean distance and the UPGMA method. Results showed that shading increased the levels of N, K, B, and Cu. The accessions of *Urochloa mosambicensis* were more efficient in phosphorus absorption compared to the cultivars BRS Paiaguás and BRS Piatã. The cultivar BRS Paiaguás showed a higher requirement for micronutrients. The accession UmCO-2 (2) stood out for its efficiency in phosphorus absorption in full sun environments, while under shading, it showed a higher demand for micronutrients, similar to the accession UmCO-8 (1). The efficiency of nutrient absorption varies significantly among accessions and environments, highlighting the importance of adequate replenishment of phosphorus, calcium, magnesium, and sulfur to maintain the productivity and quality of forages throughout the production cycles.

Keywords: Biomass, leaf nutrients, nitrogen, shading.

4. INTRODUÇÃO

Na pecuária do Semiárido brasileiro, a adoção de espécies forrageiras com potencial produtivo, adaptadas às condições edafoclimáticas da região e associadas à práticas agrícolas resilientes, pode elevar a produção de alimentos e otimizar o uso dos recursos forrageiros (Pinheiro et al., 2021). O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy) é uma gramínea exótica de origem africana que, embora ainda não apresente cultivares registradas no Brasil, é utilizado para pastejo e produção de feno. Apesar disso, a gramínea já foi avaliada em sistema silvipastoril (do tipo savana) através do enriquecimento da Caatinga, sendo indicada para uso no Semiárido brasileiro por se adaptar à regiões quentes e ser tolerante à seca (Araújo Filho, 2013; Drumond et al., 2013; Sá Junior, 2018).

Devido suas características de adaptação, o capim-corrente faz parte do programa de melhoramento genético da Embrapa Caprinos e Ovinos. Portanto, a avaliação de diferentes acessos dessa espécie permite identificar genótipos superiores que possam ser utilizados para aumentar a produtividade e a resiliência dos pastos, especialmente em regiões de clima semiárido (Mcivor, 1985).

Os sistemas silvipastoris (SPS), demonstram benéficos ambientais, econômicos e sociais da combinação da pecuária com árvores (Pinheiro e Nair, 2018). No entanto, o sombreamento é uma condição natural entre as espécies vegetais que constituem esses sistemas, de modo que, as gramíneas forrageiras utilizadas devem ser tolerantes ao sombreamento (Gonçalves et al., 2022).

Segundo Moraes et al. (2014) a redução de luminosidade influencia a produtividade do pasto, o valor nutritivo e a morfologia da planta forrageira. Hirzel et al. (2020) destacam que variações na incidência luminosa podem afetar o teor de nutrientes nas plantas devido as alterações nas taxas de transpiração que influenciam o teor dos nutrientes nas folhas. Portanto, é válido compreender a dinâmica de nutrientes em gramíneas forrageiras para determinar o manejo de adubação, melhorar a qualidade nutricional do pasto e, conseqüentemente, o desempenho dos animais.

Há uma escassez de estudos que avaliem o teor de macro e micronutrientes em gramíneas forrageiras ao longo dos ciclos de crescimento. No que se refere ao capim-corrente, alguns estudos abordaram o seu uso em pastagem convencional como em resposta à adubação nitrogenada, fosfatada (Bezerra et al., 2019) e potássica (Vilela et al., 2017), além da caracterização estrutural e produtiva sob diferentes alturas e idade de cortes (Cruz e Leite, 2020) e seu uso como planta de cobertura na melhoria da qualidade do solo (Brito Neto et al., 2023).

Contudo, estudos que considerem o efeito do sombreamento sob o teor de nutrientes em capim-corrente ainda carece de investigações.

Dessa forma, entender como o sombreamento afeta a composição mineral de forrageiras permite selecionar espécies adaptadas ao sombreamento, uma vez que essas plantas estão continuamente expostas às condições de luminosidade variável em sistemas integrados (Cruz et al., 2021). Nesse contexto, hipotetizamos que a redução da luminosidade altera o teor de nutrientes nas folhas de *U. mosambicensis*. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo avaliar o teor de macro e de micronutrientes em folhas dos acessos de *U. mosambicensis* manejados sob ambiente de sombra e em pleno sol.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local, período experimental, características geográficas e climáticas

O experimento foi conduzido na Fazenda Três Lagoas, pertencente a Embrapa Caprinos e Ovinos situada em Sobral – CE, sob coordenadas geográficas de 3°45'00.77" latitude sul, longitude a oeste de Greenwich de 40°20'38.55" e altitude aproximada de 101 metros em relação ao nível do mar. O clima da cidade de Sobral, segundo classificação de Köppen - Geiger, é do tipo BSh, semiárido quente, com chuvas compreendidas no período verão-outono, precipitações e temperaturas médias de 912mm e 28,5°C, respectivamente. As atividades experimentais abrangeram o período de julho de 2021 a dezembro de 2021. Os dados de precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar máxima e mínima (%) do ano de 2021 encontram-se na Figura 1.

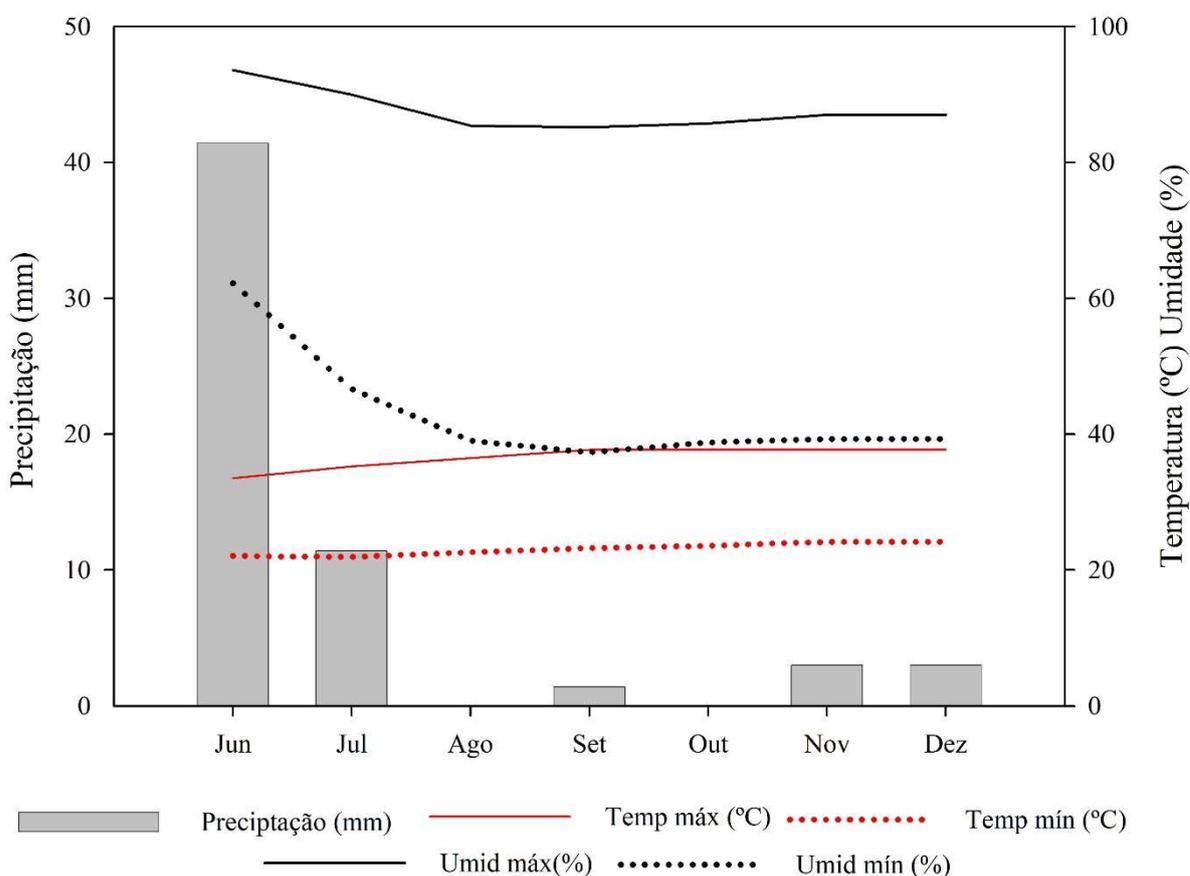


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima (%) durante o ano de 2021 da estação meteorológica da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará.

5.2 Coleta e caracterização do solo

O ensaio foi conduzido em vasos. Utilizou-se como substrato a camada de 0-20 cm de um solo do tipo Luvisolo Crômico (Santos et al., 2018) coletado no município de Sobral –

CE. As análises química e granulométrica do solo encontram-se na

Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 do solo Luvisolo Crômico.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	Al	S	Na
H ₂ O	g.dm ⁻³	----mg.dm ⁻³ ---				-----cmolc.dm ⁻³ -----		----mg.dm ⁻³ ----	
5,5	9	2	62	1,7	0,8	1,8	0,1	2	3,7
C.E			V			SB	CTC(t)		CTC(T)
dS m ⁻¹			%			-----cmolc.dm ⁻³ -----			
0,02			59,79			2,68	2,78		4,48
Argila		Silte		Areia total		Areia grossa		Areia fina	
				-----g.kg ⁻¹ -----					
141		9		850		500		350	

pH – potencial hidrogeniônico; M.O. – matéria orgânica; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; H + Al – acidez potencial; Al – alumínio; S – enxofre; Na – Sódio; C.E – condutividade elétrica; V – saturação por bases; SB – soma de bases; CTC (t) – capacidade de troca de cátions efetiva; CTC (T) – capacidade de troca de cátions a pH 7.

Como procedimento de coleta, foi realizada a limpeza superficial da área para retirada da serrapilheira e coleta do solo. Logo em seguida, o solo passou por destorroamento e peneiramento para eliminação de partes grosseiras e materiais estranhos.

5.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas sub subdivididas com medidas repetidas no tempo. As parcelas consistiram em onze genótipos de *Urochloa* com quatro repetições (vasos), sendo nove acessos de *Urochloa mosambicensis* e duas cultivares de *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás e *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã, designados como testemunhas. Os acessos de *Urochloa mosambicensis* denominados com UmCO são oriundos do banco de germoplasma da Embrapa Gado de Corte e os acessos UspCO são comercializados no mercado, ainda informalmente. As subparcelas representaram duas condições ambientais (pleno sol e sombreamento artificial com 50% de transmitância) e as sub subparcelas três ciclos de cultivo.

5.4 Plantio e adubação

As unidades experimentais foram constituídas de vasos com capacidade para 10 litros e foram preenchidos com 8,0 dm³ de solo, sendo alocados em oito bancadas de metal com dimensões de 3 m x 1 m, a 0,8 metros acima do nível do solo como demonstrado no croqui (Figura 2). As bancadas de metal foram posicionadas no sentido leste-oeste, maximizando o período de incidência direta de luz, uma vez que essa direção proporciona o maior número de

horas com luz solar direta. Os vasos foram alocados nas mesas, considerando distância de 40 cm entre si.

A partir dos resultados da análise de solo procederam-se as correções de acordo com o Alvarez et al. (1999). A prática da calagem não foi necessária tendo em conta a saturação por bases de 59,79%, atendendo as exigências das gramíneas. O solo foi corrigido para P ($70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou $35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) e K ($20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), utilizando como fontes desses nutrientes superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O), respectivamente. Convertendo os valores para o volume do solo de $8,0 \text{ dm}^3$, utilizou-se 280 mg de P_2O_5 e 86,3 mg de K_2O por vaso em única aplicação.

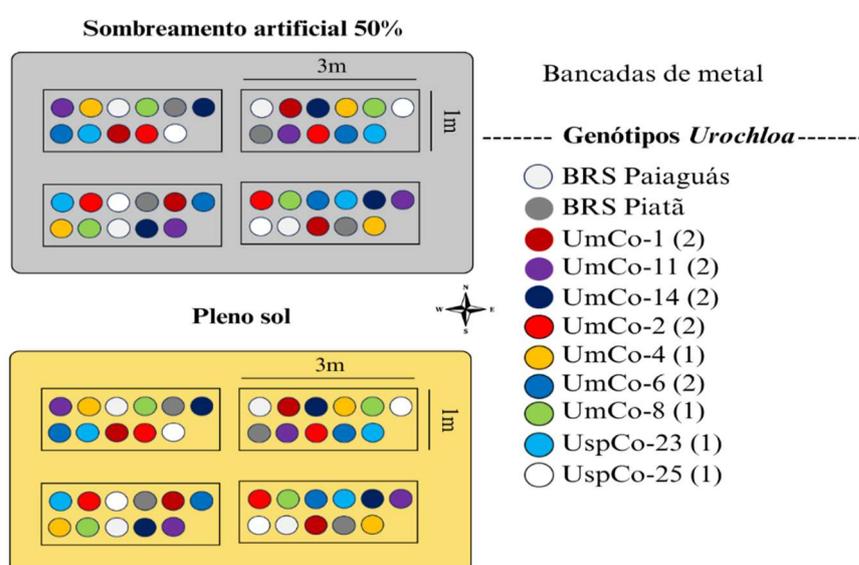


Figura 2. Croqui do experimento.

A semeadura foi realizada utilizando-se em média trinta sementes por vaso, sendo efetuado o pré-desbaste oito dias após a emergência, permanecendo doze plantas por vaso, que foram reduzidas para três após o desbaste final, executado vinte dias após a emergência. A aplicação de adubo nitrogenado foi realizada dez dias após a emergência das plântulas, tendo como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N). O adubo foi aplicado via água de irrigação para evitar perdas por volatilização. Foi utilizada uma dose equivalente a $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ciclo ou $12,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ de solo, perfazendo uma aplicação de 107,9 mg de ureia para o volume de solo de $8,0 \text{ dm}^3$ em cada ciclo.

5.5 Irrigação

A lâmina de irrigação utilizada segue como parâmetro a evaporação coletada do Tanque Classe 'A' (Medeiros et al., 2013) para estimativa da evapotranspiração de referência (E_t). O

Tanque Classe ‘A’ é pertencente à Embrapa Caprinos e Ovinos, a 200 m da área experimental. O cálculo da lâmina de irrigação utilizada no período experimental (100% da evapotranspiração de referência, E_{to}) foi composto pelo produto da equação: evaporação do tanque (milímetros por dia) * K_p do tanque (0,85) * área do vaso (0,057591 m²). A coleta dos dados de evaporação foi realizada diariamente por volta de 08h30. A lâmina de água média aplicada durante a execução da pesquisa foi de 6,70 mm.dia⁻¹.

5.6 Período de estabelecimento e corte de uniformização

Após 52 dias de estabelecimento, procedeu-se o corte das gramíneas a 12 cm de altura, levando em consideração a estabilização do número de folhas vivas por perfilho do genótipo mais tardio. Após o corte de uniformização, as gramíneas receberam adubação nitrogenada de cobertura em duas frações (a primeira com três dias após o corte e a segunda 15 dias após o corte) e foram mantidas em dois ambientes: pleno sol e sombreamento artificial.

Para a construção da cobertura sombreada, as estruturas foram confeccionadas com estacas de bambu (Figura 3), sendo cobertas por telas pretas de polipropileno permitindo 50% de transmissão luminosa (sombrite de 50%). As bancadas de metal foram posicionadas no sentido leste-oeste, maximizando o período de incidência direta de luz, uma vez que essa direção proporciona o maior número de horas com luz solar direta. Os vasos foram alocados nas mesas, considerando distância de 40 cm entre si.



Figura 3. Estrutura de bambu para instalação do sombrite de polipropileno com 50% de transmissão luminosa.

5.7 Avaliação nutricional de macro e micronutrientes

A cada 30 dias as plantas foram cortadas a 12 cm do solo e fracionadas em: folha expandida, folha emergente, pseudocolmo (colmo + bainha), material morto e inflorescência. As folhas (folhas expandidas e folhas emergentes) foram lavadas em água corrente, água destilada com detergente neutro (0,1%), lavadas com ácido clorídrico (0,3%) e, novamente,

com água destilada pura (Boaretto et al., 2009), colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C (até peso constante).

As amostras de folhas foram moídas em moinho tipo Wiley a 2 mm e submetidas a análises químicas para a determinação dos teores de macro e micronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco) contidos nas folhas, conforme Bataglia et al. (1983).

O teor de nitrogênio (N) foi determinado pela metodologia de Kjeldahl (destilação sob arraste de vapor); o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram mineralizados por digestão nitroperclórica, sendo o teor de P determinado por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, e S por turbidimetria (Bataglia et al., 1983). Os micronutrientes cobres (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram mineralizados por digestão nitroperclórica, sendo o teor determinado por espectrofotometria de absorção atômica; já para o teor de boro (B) no tecido vegetal, foi utilizado o método de calcinação e extração por azometina-H (Bataglia et al., 1983).

5.8 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott-Knott para comparação de médias. Foram aplicados os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk para avaliar as pressuposições de homoscedasticidade de variâncias dos tratamentos e de normalidade dos resíduos, respectivamente. Na ausência destes pressupostos, os dados foram transformados pelo Método Potência Ótima de Box-Cox. Essa transformação depende diretamente de um parâmetro λ que é o coeficiente de transformação dos dados. Para um conjunto de dados obtém-se um intervalo de confiança para λ que, caso inclua o valor um, indica que a transformação dos dados não é necessária (Box e Cox, 1964).

Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de Componentes Principais (ACP) (Jolliffe, 1986) e agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA (*Unweighted Pair-Group Average*). A análise dos resultados na ACP se baseou na representação gráfica (Biplot) relativa aos eixos dos componentes, considerando o parâmetro Cos^2 , indicador da Qualidade de representação, e simultaneamente as contribuições (%) que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável (Abid e Williams, 2010). As análises foram realizadas com auxílio do Software R de computação estatística (R Core Team, 2022) utilizando-se os pacotes “FactoMineR” (Lê, Josse e Husson, 2008) e “factoextra” (Kassambara e Mundt, 2020).

6. RESULTADOS

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para o teor de macro e de micronutriente dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. Houve interação ($p < 0,05$) genótipo x ambiente x ciclo para os nutrientes enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco. Observou-se interação ($p < 0,05$) genótipo x ambiente, genótipo x ciclo e ambiente x ciclo para os nutrientes nitrogênio total e boro. Para os nutrientes cálcio e magnésio houve interação ($p < 0,05$) genótipo x ciclo e ambiente x ciclo. Houve interação ($p < 0,05$) de genótipo e de ambiente x ciclo para o nutriente fósforo. Para o nutriente potássio houve interação ($p < 0,05$) de ciclo e genótipo x ambiente.

Tabela 2. Médias gerais e significância da análise de variância dos efeitos isolados de genótipo, ambiente, ciclo e interação genótipo x ambiente, genótipo x ciclo, ambiente x ciclo e genótipo x ambiente x ciclo sobre os teores de macros e de micronutrientes nas folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã submetidos a duas condições de luminosidade

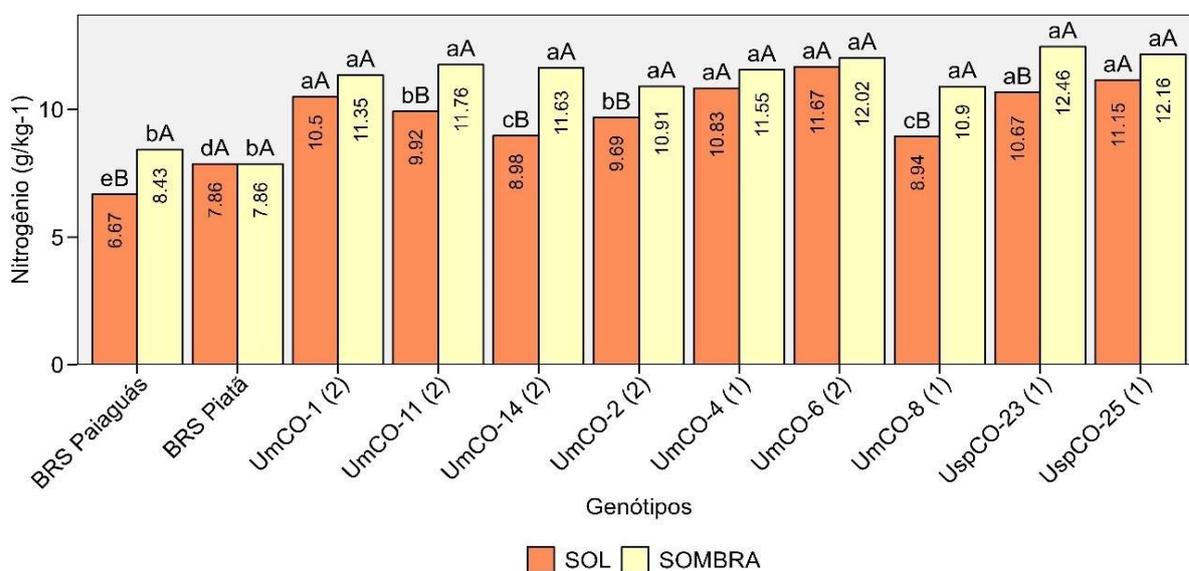
GENÓTIPO	NitTotal	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
BRS Paiaguás	7,55	1,10 b	17,47	2,00	3,58	1,18	38,67	5,01	130,91	78,46	16,26
BRS Piatã	7,86	1,03 b	16,46	2,95	4,22	1,14	36,54	5,12	123,62	122,41	15,86
UmCO-1 (2)	10,92	1,45 a	22,53	4,98	3,08	1,37	51,09	4,37	290,64	127,17	18,29
UmCO-11 (2)	10,84	1,36 a	13,3	3,95	2,91	1,49	45,95	3,87	182,22	159,98	18,26
UmCO-14 (2)	10,30	1,38 a	20,58	6,9	3,14	1,19	46,95	3,54	156,69	145,07	18,22
UmCO-2 (2)	10,30	1,35 a	16,28	5,91	2,81	1,67	54,50	4,38	179,38	169,52	17,82
UmCO-4 (1)	11,19	1,38 a	14,64	4,57	3,47	1,67	51,65	4,45	202,46	126,29	18,57
UmCO-6 (2)	11,85	1,26 a	13,43	4,2	3,80	1,53	46,85	3,78	272,77	149,22	19,16
UmCO-8 (1)	9,92	1,33 a	17,18	6,75	3,15	1,48	45,23	3,97	150,58	133,75	18,17
UspCO-23 (1)	11,57	1,34 a	20,51	5,09	3,20	1,31	49,04	4,44	183,08	166,26	17,66
UspCO-25 (1)	11,65	1,42 a	20,32	4,62	2,95	1,56	51,84	4,81	194,29	118,34	17,59
Teste F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
AMBIENTE											
SOL	9,72	1,30	15,76	5,37	3,53	1,70	46,00	3,89	205,23	166,71	18,91
SOMBRA	11,00	1,31	19,28	4,07	3,08	1,14	48,24	4,79	170,52	105,38	16,70
Teste F	**	ns	**	**	**	**	*	**	*	**	**
CICLO											
C1	9,76	1,50	19,45 a	5,89	3,75	1,51	49,37	4,28	194,91	170,60	18,43
C2	10,48	1,43	16,99 b	4,94	3,22	1,61	40,28	4,82	165,03	135,71	16,30
C3	10,84	0,99	16,12 c	3,32	2,93	1,14	51,71	3,92	203,69	101,82	18,69
Teste F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
GEN*AMB	**	ns	**	ns	ns	*	*	**	**	ns	ns
GEN*CIC	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	ns	**
AMB*CIC	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	*	**
GEN*AMB*CIC	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**	*	**
CV% (GEN)	4,48	11,33	17,17	6,47	19,87	19,69	19,31	13,37	6,00	7,94	5,64
CV% (AMB)	4,31	7,11	13,87	9,73	17,77	28,43	15,51	12,97	6,17	11,79	8,81
CV% (CIC)	3,35	8,06	11,99	8,66	12,31	23,89	14,16	15,30	5,06	4,41	5,65
Box-cox (λ)	-0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	0	0	1

Nota: ns – Não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade; * - Significativo a 5% de probabilidade. Nitrogênio total (NitTotal); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Box-Cox(λ): valores utilizados para a transformação dos dados.

Analisando os fatores isolados, verificou-se efeito ($p < 0,05$) de genótipos para todos os nutrientes (Tabela 2). Em relação ao fator ambiente, apenas para fósforo não houve efeito ($p > 0,05$). Quanto ao fator ciclo, observou-se efeito ($p < 0,05$) para todos os nutrientes.

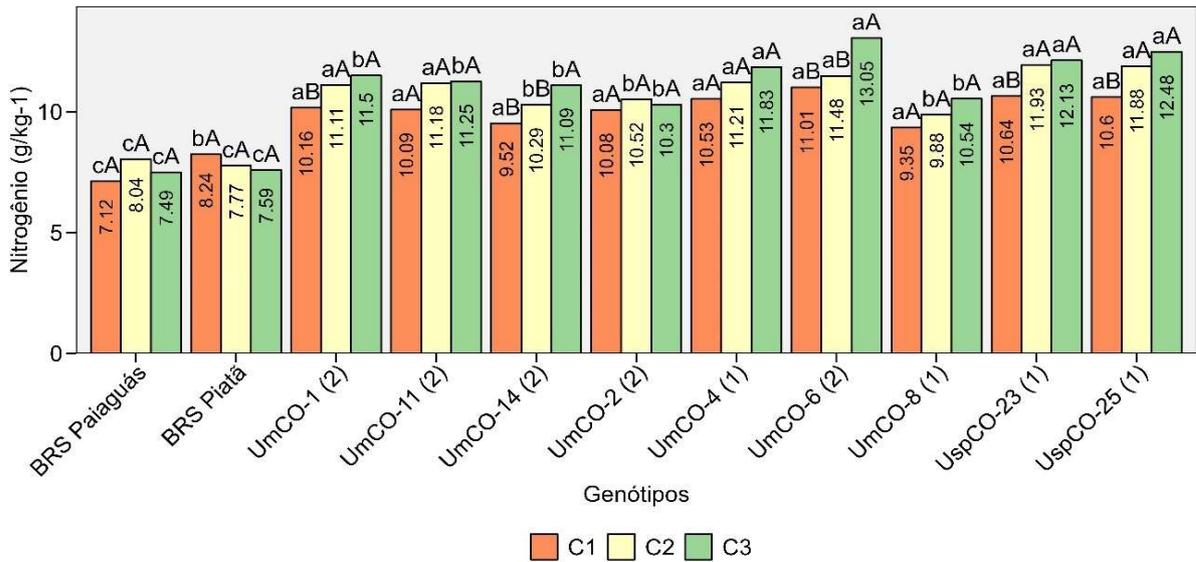
Considerando o teor de nitrogênio (N) na interação genótipo x ambiente os acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e a cultivar BRS Paiaguás diferem entre si quanto ao ambiente.

No ambiente sombreado, as cultivares BRS Piatã e BRS Paiaguás apresentaram valores significativamente inferiores de nitrogênio em comparação aos demais genótipos ($p < 0,01$). Em contrapartida, no ambiente de pleno sol, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) exibiram teores de nitrogênio significativamente superior, destacando-se em relação aos demais genótipos avaliados (Figura 4).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ambiente e maiúsculas comparam os ambientes em cada genótipo. Figura 4. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de nitrogênio para cada genótipo.

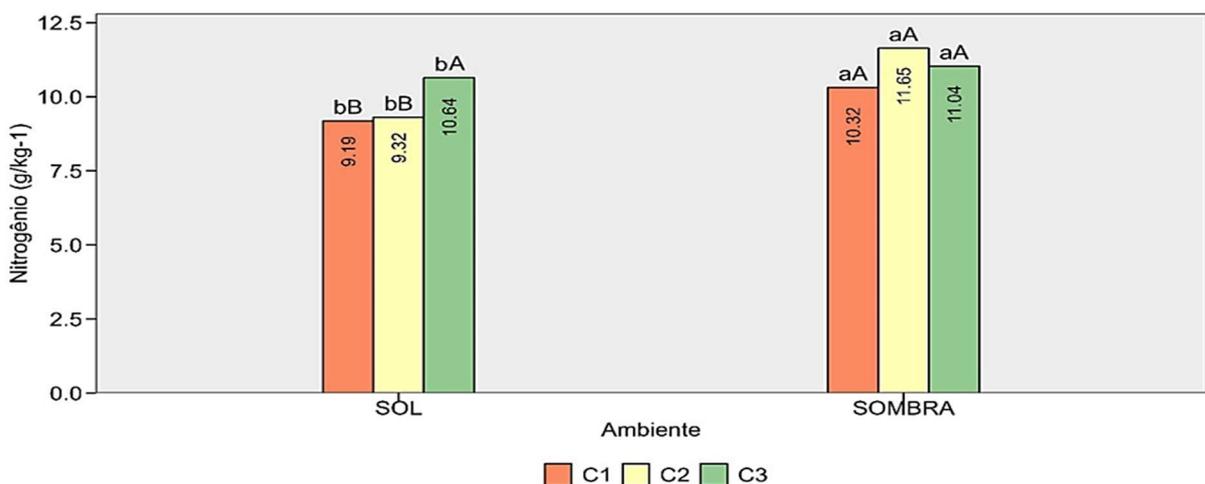
Analisando a interação genótipo x ciclo ($p < 0,01$) para o teor de N na folha, observou-se que os acessos UmCO-11 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UmCO-8 (1) e as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã não diferiram estatisticamente entre os ciclos de produção (Figura 5).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 5. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa a média do teor de nitrogênio para cada genótipo.

Na interação ambiente x ciclo ($p < 0,01$), o teor de N foi significativamente maior no ambiente de sombra em todos os ciclos de produção avaliados. No ambiente de pleno sol, verificou-se que o ciclo 3 apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) com maior teor de N (Figura 6).

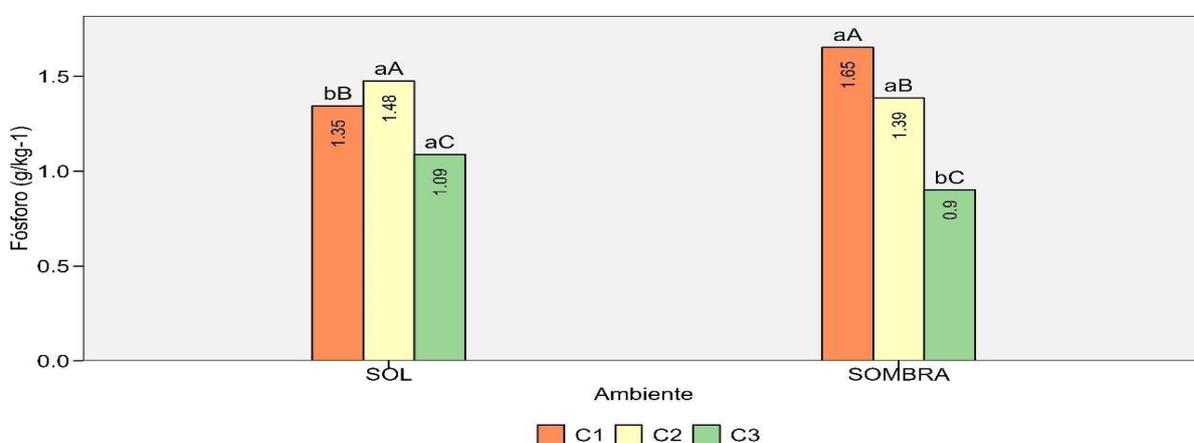


Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 6. Teor de nitrogênio em folhas dos acessos *Urochloa mosambicensis* das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa a média do teor de nitrogênio para cada ambiente.

Para o teor de fósforo (P) nas folhas, houve interação significativa entre ambiente x ciclo ($p < 0,01$). Observou-se redução no teor de P nas folhas dos genótipos no ciclo 1 em comparação ao ciclo 3, independentemente do ambiente. No entanto, os comportamentos entre os ambientes diferiram: no ambiente de pleno sol, o maior teor de P foi registrado no ciclo 2, enquanto no ambiente de sombra, os teores mais elevados de P foram observados no ciclo 1 (Figura 7). Em ambos os casos, esses valores foram estatisticamente superiores aos demais ciclos avaliados.

Além disso, verificou-se efeito isolado significativo do fator genótipo ($p < 0,05$) para o teor de P. As cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã apresentaram teores de P significativamente inferiores em comparação a todos os acessos de *Urochloa mosambicensis* analisados (Tabela 2).



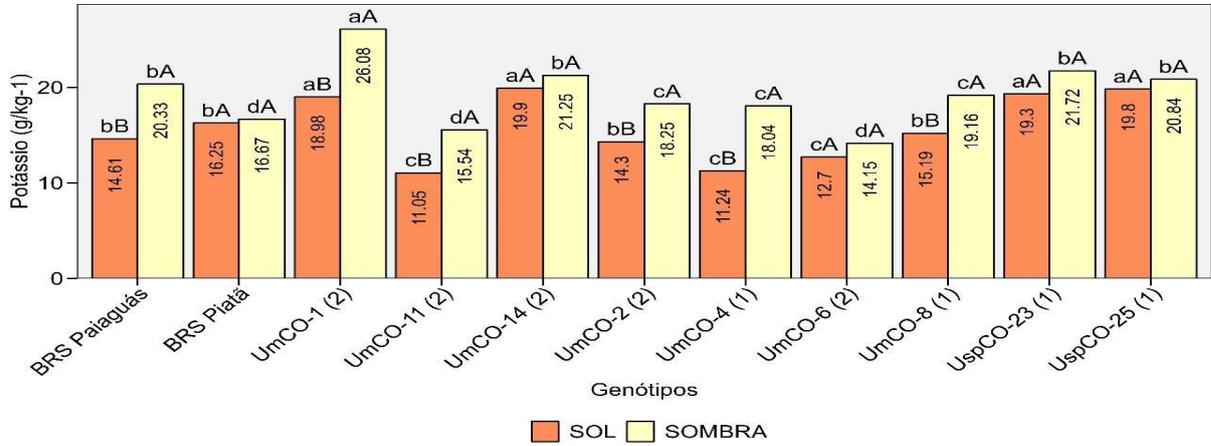
Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 7. Teor de fósforo em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de fósforo para cada ambiente.

Para o teor de potássio (K) nas folhas, foi observada interação significativa entre genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Os acessos UmCO-1 (2), UmCO-11 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-8 (1), bem como a cultivar BRS Paiaguás, apresentaram aumento significativo nos teores de K nas folhas no ambiente de sombra em comparação ao pleno sol. No entanto, ao avaliar os genótipos no ambiente de pleno sol, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) destacaram-se com os maiores teores de K ($p < 0,05$). Já no ambiente de sombra, apenas o acesso UmCO-1 (2) apresentou teor de K significativamente superior aos demais genótipos avaliados (Figura 8).

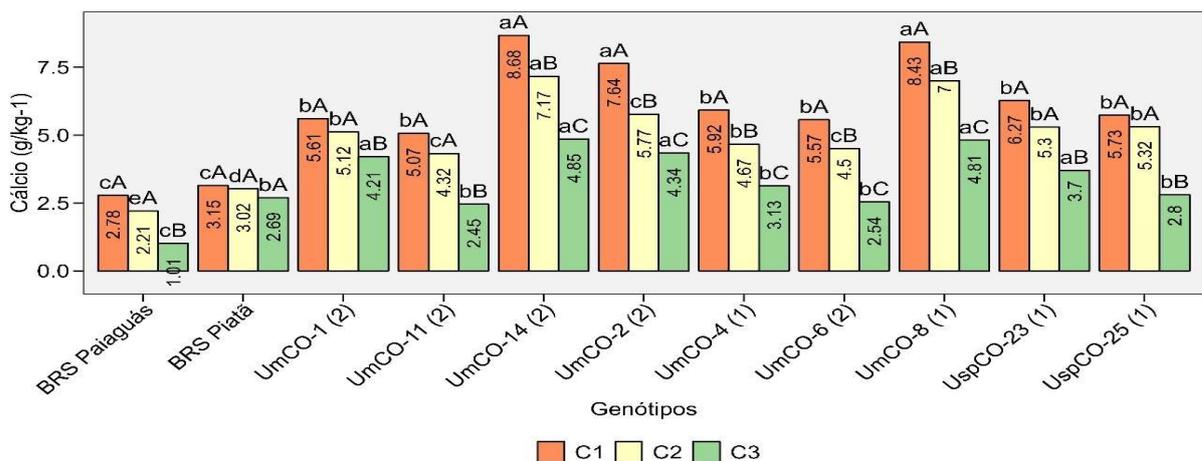
Adicionalmente, verificou-se efeito isolado significativo do fator ciclo ($p < 0,05$), evidenciado por uma redução progressiva nos teores de K nas folhas ao longo dos ciclos de

produção (Tabela 2). Esse padrão sugere que o acúmulo de K nas folhas diminui com o avanço do desenvolvimento das plantas ou com as condições impostas pelos ciclos produtivos.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ambiente e maiúsculas comparam os ambientes em cada genótipo. Figura 8. Teor de potássio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de potássio para cada ambiente.

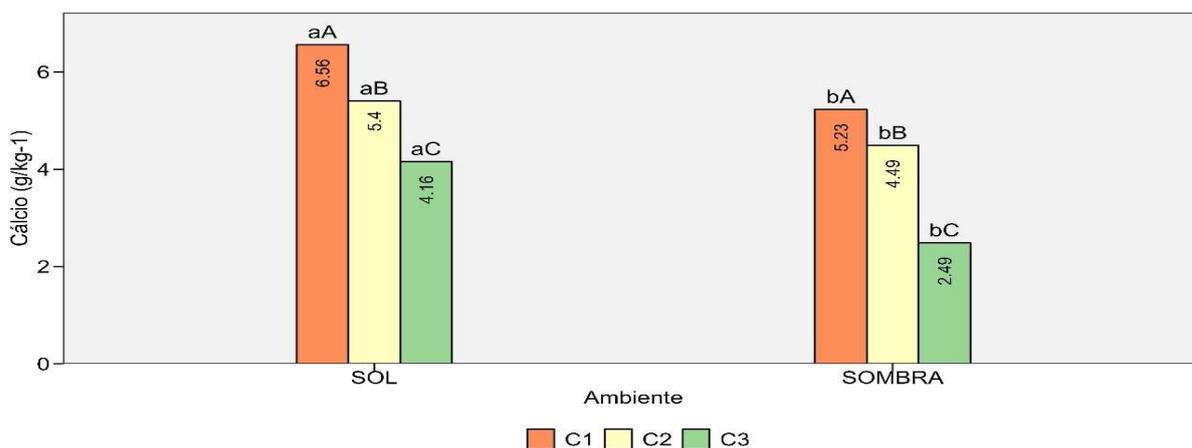
No teor de cálcio (Ca) nas folhas, a interação entre genótipo x ciclo ($p < 0,01$) revelou que, no ciclo 1, o teor de Ca foi significativamente superior aos observados no ciclo 3 de produção. Apenas a cultivar BRS Piatã não apresentou diferença significativa no teor de Ca entre os ciclos de produção (Figura 9).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 9. Teor de cálcio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cálcio para cada genótipo.

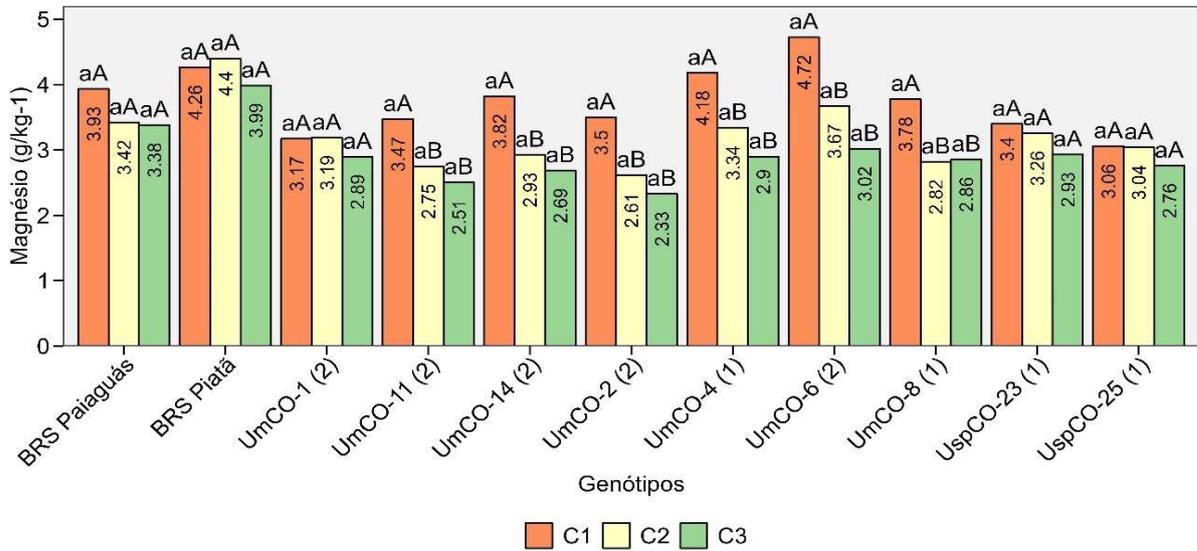
A interação significativa de ambiente x ciclo ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados em pleno sol apresentaram teores foliares de cálcio (Ca) superiores em relação aos cultivados no ambiente sombreado. Em ambos os ambientes, os teores de Ca nas folhas foram maiores ($p < 0,05$) no ciclo 1, com redução progressiva ao longo dos ciclos de produção (Figura 10).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 10. Teor de cálcio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cálcio para cada ambiente.

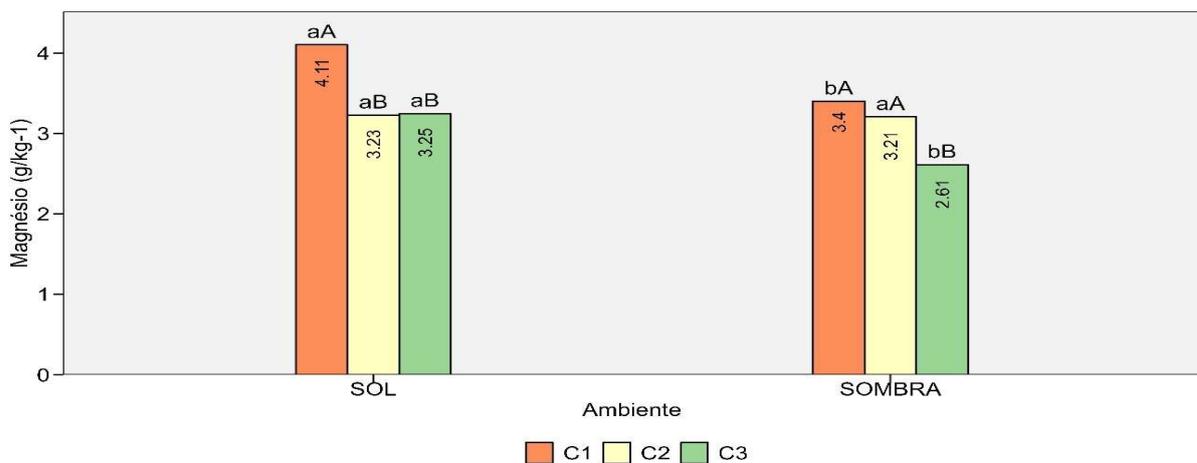
Para o teor de magnésio (Mg) nas folhas, a interação significativa entre genótipo e ciclo ($p < 0,01$) revelou que os acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-8 (1) apresentaram maiores médias no ciclo 1 em comparação aos ciclos subsequentes. Os demais acessos, bem como as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, não apresentaram variações significativas ($p > 0,01$) nos teores foliares de Mg ao longo dos ciclos de produção (Figura 11).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 11. Teor de Magnésio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de magnésio para cada genótipo.

No desdobramento da interação significativa entre ambiente e ciclo ($p < 0,01$), observou-se que os genótipos cultivados em pleno sol apresentaram maiores teores de magnésio (Mg) nas folhas em comparação aos genótipos cultivados sob sombra. Independentemente do ambiente, verificou-se uma redução progressiva e significativa ($p < 0,01$) no teor de Mg nas folhas ao longo dos ciclos de produção (Figura 12).



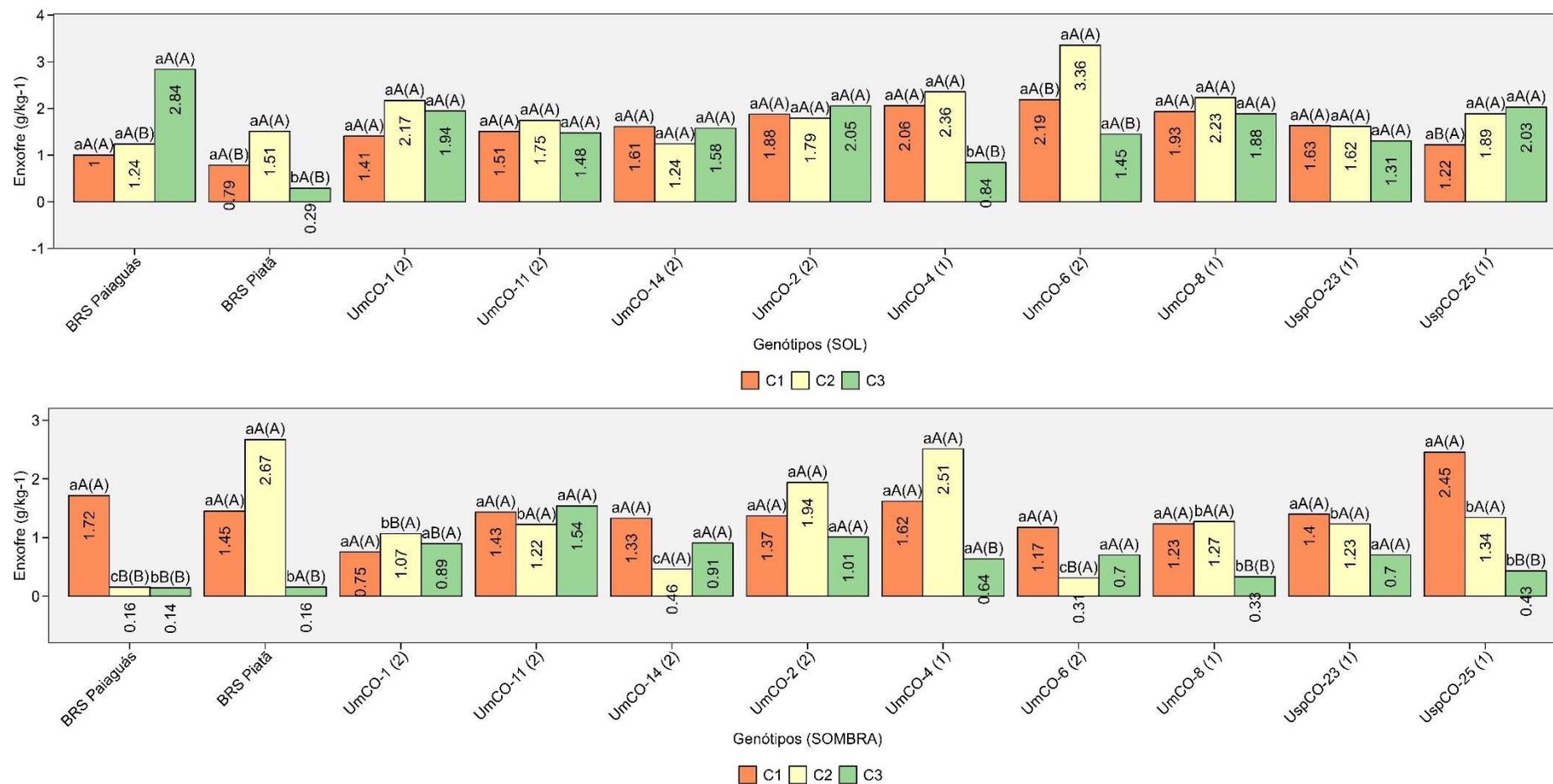
Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 12. Teor de Magnésio em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de magnésio para cada ambiente.

Para o teor de enxofre (S), observou-se interação genótipo x ambiente x ciclo ($p < 0,01$). No desdobramento da interação no ambiente pleno sol, verificou-se que apenas o acesso UmCO-4 (1) reduziu o teor de S no ciclo 3 em relação ao ciclo 1. O acesso UmCO-6 (2) apresentou resposta distinta com aumento no teor de S no ciclo 2 e redução no ciclo 3, análogo ao observado na cultivar BRS Piatã, enquanto a cultivar BRS Paiaguás apresentou aumento no teor de S no ciclo 3 em relação ao ciclo 1. Os demais acessos não apresentaram diferença ($p > 0,01$) no teor de S ao decorrer dos ciclos de produção (Figura 13).

No ambiente sombreado, verificou-se redução significativa ($p < 0,01$) no teor de S no ciclo 3 em relação ciclo 1 de produção nos acessos UmCO-4 (1), UmCO-8 (1) e UspCO-25 (1), e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. Para os demais acessos, não houve variação significativa ($p > 0,01$) no teor de S foliar no decorrer dos ciclos de produção (Figura 13).

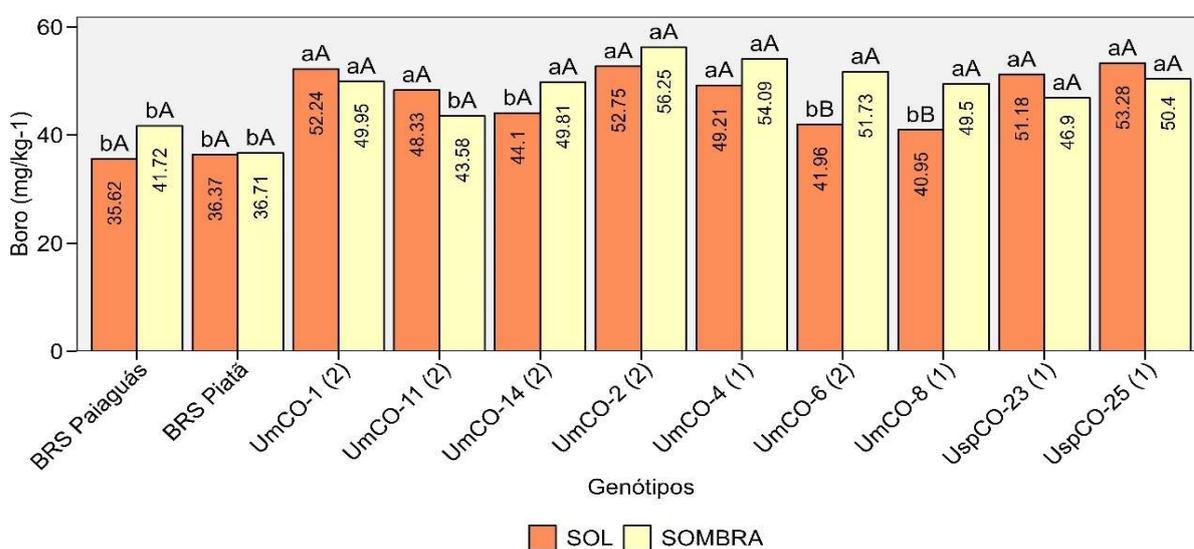
Comparando os genótipos em cada ciclo, verificou-se que, no ciclo 1 que apenas o acesso UspCO-25 (1) aumentou o teor de S no ambiente de sombra em relação ao pleno sol. No ciclo 2, observou-se maior teor de S no pleno sol em comparação ao sombreamento para os acessos UmCO-1 (2) e UmCO-6 (2) e na cultivar BRS Paiaguás. No ciclo 3, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-8 (1) e UspCO-25 (1) apresentaram aumento significativo no teor de S no ambiente pleno sol em relação ao sombreado, padrão também observado na cultivar BRS Paiaguás (Figura 13).



Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). **Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e em cada ambiente. ***Letras maiúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e em cada genótipo. ****Letras maiúsculas entre parênteses comparam os ciclos de produção em cada ambiente e em cada genótipo.

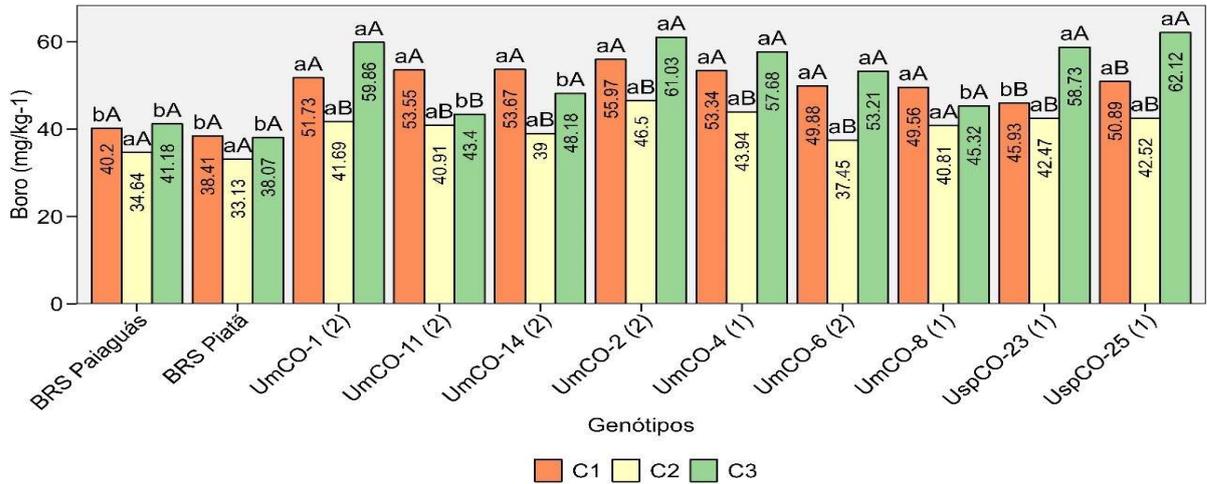
Figura 13. Teor de enxofre em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã e em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de enxofre para cada genótipo em cada ambiente.

A análise da interação genótipo x ambiente revelou efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre os teores foliares de boro (B). No ambiente sombreado, os acessos UmCO-6 (2) e UmCO-8 (1) apresentaram teores foliares de B significativamente superior ($p < 0,05$) em relação ao pleno sol. No ambiente de pleno sol, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-11 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) apresentaram diferença significativa, com os maiores teores de B foliar ($p < 0,05$). Já no ambiente sombreado, com exceção do acesso UmCO-11 (2), os demais acessos de *Urochloa mosambicensis* demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$), com maiores média de teor foliar de B ($p < 0,05$) (Figura 14).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ambiente e maiúsculas comparam os ambientes em cada genótipo. Figura 14. Teor de boro em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada genótipo.

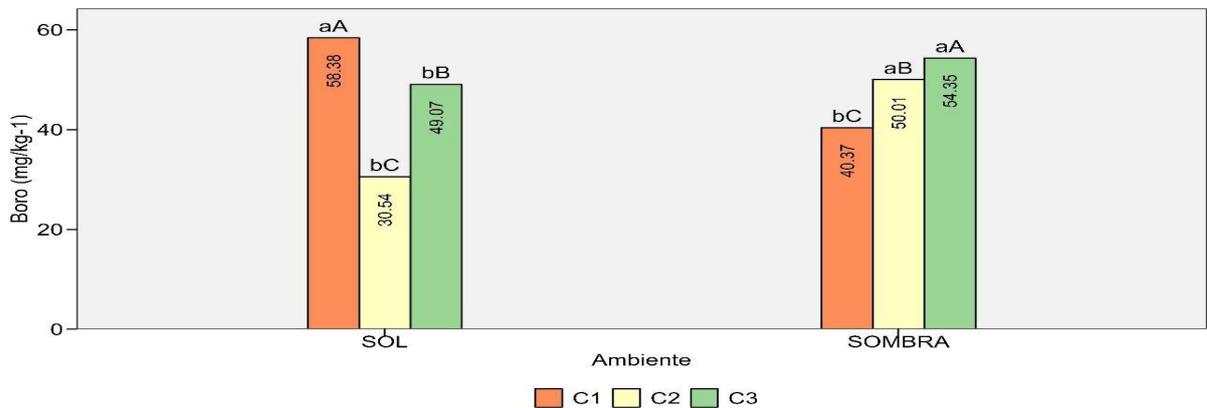
A análise do desdobramento da interação significativa entre genótipo e ciclo ($p < 0,01$) evidenciou variações no teor foliar de boro (B) entre os genótipos avaliados. Para os acessos UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1), observou-se um incremento significativo no teor de B no ciclo 3 em comparação ao ciclo 1 ($p < 0,01$), indicando acúmulo progressivo ao longo dos ciclos. Em contrapartida, o acesso UmCO-11 (2) apresentou maior concentração de B no ciclo 1, com redução estatisticamente significativa nos ciclos subsequentes, demonstrando um padrão oposto ao dos acessos anteriormente citados. Nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2), observou-se uma diminuição significativa nos teores de B no ciclo 2, seguida de um aumento no ciclo 3 ($p < 0,05$) (Figura 15).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 15. Teor de boro em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada genótipo.

A interação significativa entre ambiente e ciclo ($p < 0,05$) evidenciou diferenças no teor foliar de boro (B) ao longo dos ciclos nos dois ambientes avaliados. Nos genótipos cultivados em pleno sol, observou-se uma redução significativa no teor de B do ciclo 1 para o ciclo 2, seguida de um aumento no ciclo 3 ($p < 0,05$), caracterizando uma tendência não linear na dinâmica de acúmulo do nutriente. Em contraste, no ambiente sombreado, verificou-se um incremento progressivo e estatisticamente significativo nos teores de B ao longo dos ciclos ($p < 0,05$) (Figura 16).



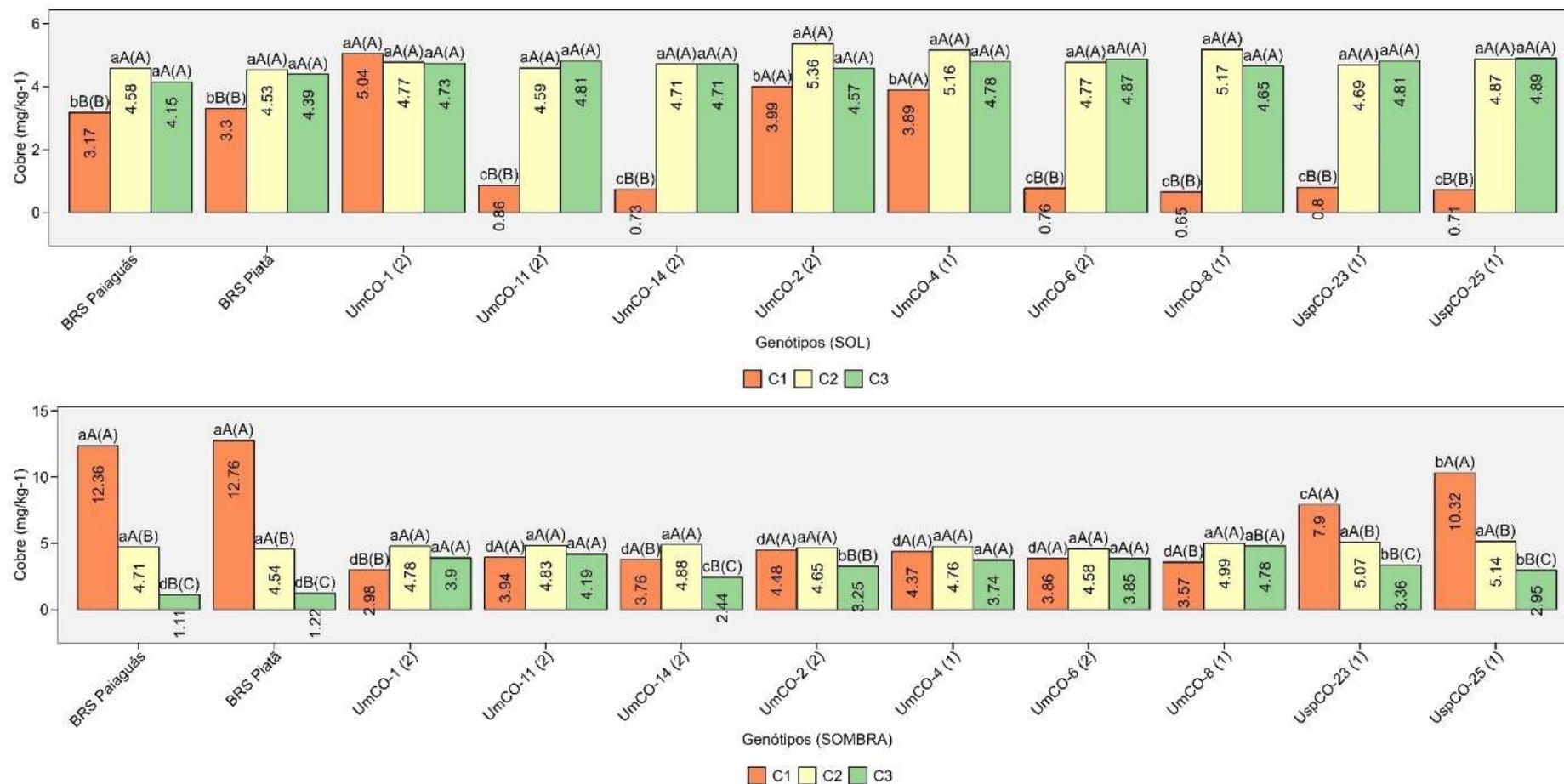
Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 16. Teor de boro em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de boro para cada ambiente.

A interação significativa entre genótipo, ambiente e ciclo ($p < 0,01$) revelou diferenças no teor foliar de cobre (Cu) nos genótipos avaliados ao longo dos ciclos produtivos em ambos os ambientes. No ambiente de pleno sol, os acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-6 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, apresentaram incremento significativo no teor de Cu foliar no ciclo 3 em comparação ao ciclo 1 ($p < 0,01$) (Figura 17).

No ambiente sombreado, houve redução significativa ($p < 0,01$) no teor de Cu foliar do ciclo 3 em relação ao ciclo 1 nos acessos UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. No entanto, os acessos UmCO-1 (2) e UmCO-8 (1) apresentaram uma resposta inversa, com aumento significativo ($p < 0,01$) no teor de Cu foliar no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 (Figura 17).

Ao comparar os genótipos entre os ambientes em cada ciclo produtivo, observou-se, no ciclo 1, diferença significativa, com teor de Cu foliar no ambiente sombreado em relação ao pleno sol nos acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-6 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. O acesso UmCO-1 (2), no entanto, apresentou uma redução significativa ($p < 0,05$) no teor de Cu foliar no ambiente sombreado em comparação ao pleno sol. No ciclo 2, não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,01$) entre os ambientes para nenhum dos genótipos. Já no ciclo 3, o teor de Cu foliar foi superior no ambiente pleno sol em relação ao ambiente sombreado nos acessos UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã (Figura 17).



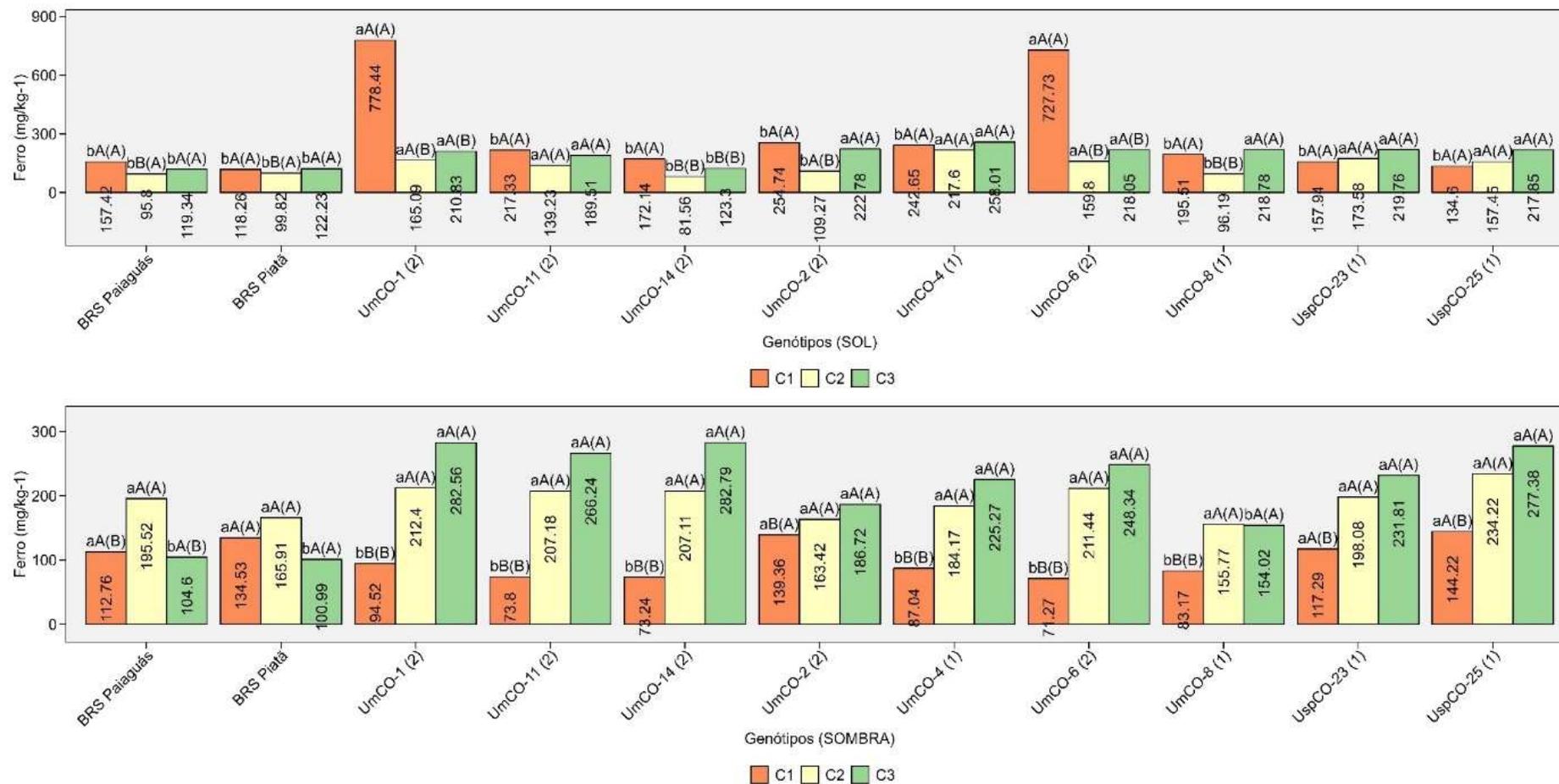
Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). **Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e em cada ambiente. ***Letras maiúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e em cada genótipo. ****Letras maiúsculas entre parênteses comparam os ciclos de produção em cada ambiente e em cada genótipo.

Figura 17. Teor de cobre em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de cobre para cada genótipo em cada ambiente.

Os teores foliares de ferro (Fe) nos genótipos de *Urochloa mosambicensis* apresentaram uma interação significativa entre genótipo, ambiente e ciclo produtivo ($p < 0,01$). No ambiente de pleno sol, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2) e UmCO-6 (2) apresentaram redução nos teores de Fe foliar do ciclo 1 para o ciclo 3. Por outro lado, os acessos UmCO-2 (2) e UmCO-8 (1) exibiram comportamento distinto, com redução significativa ($p < 0,01$) no ciclo 2 e aumento no ciclo 3 (Figura 18).

No ambiente de sombra artificial, verificou-se aumento significativo ($p < 0,01$) nos teores de Fe foliar no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 para maioria dos acessos de *Urochloa mosambicensis*, à exceção do acesso UmCO-2 (2). Apenas para a cultivar BRS Paiaguás, observou-se aumento no teor de Fe foliar no ciclo 2 e posterior redução ciclo 3 (Figura 18).

Ao comparar os teores de Fe entre os ambientes em cada ciclo produtivo, no ciclo 1, a maioria dos acessos de *Urochloa mosambicensis* apresentaram maiores teores de Fe foliar no ambiente de pleno sol em relação ao ambiente sombreado ($p < 0,01$), com exceção dos acessos UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. No ciclo 2, os acessos UmCO-14 (2) e UmCO-8 (1) e as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, apresentaram maior teor de Fe foliar no ambiente sombreado em comparação ao pleno sol ($p < 0,01$). No ciclo 3, apenas o acesso UmCO-14 (2) manteve maior teor de Fe foliar no ambiente sombreado em relação ao pleno sol ($p < 0,01$) (Figura 18).



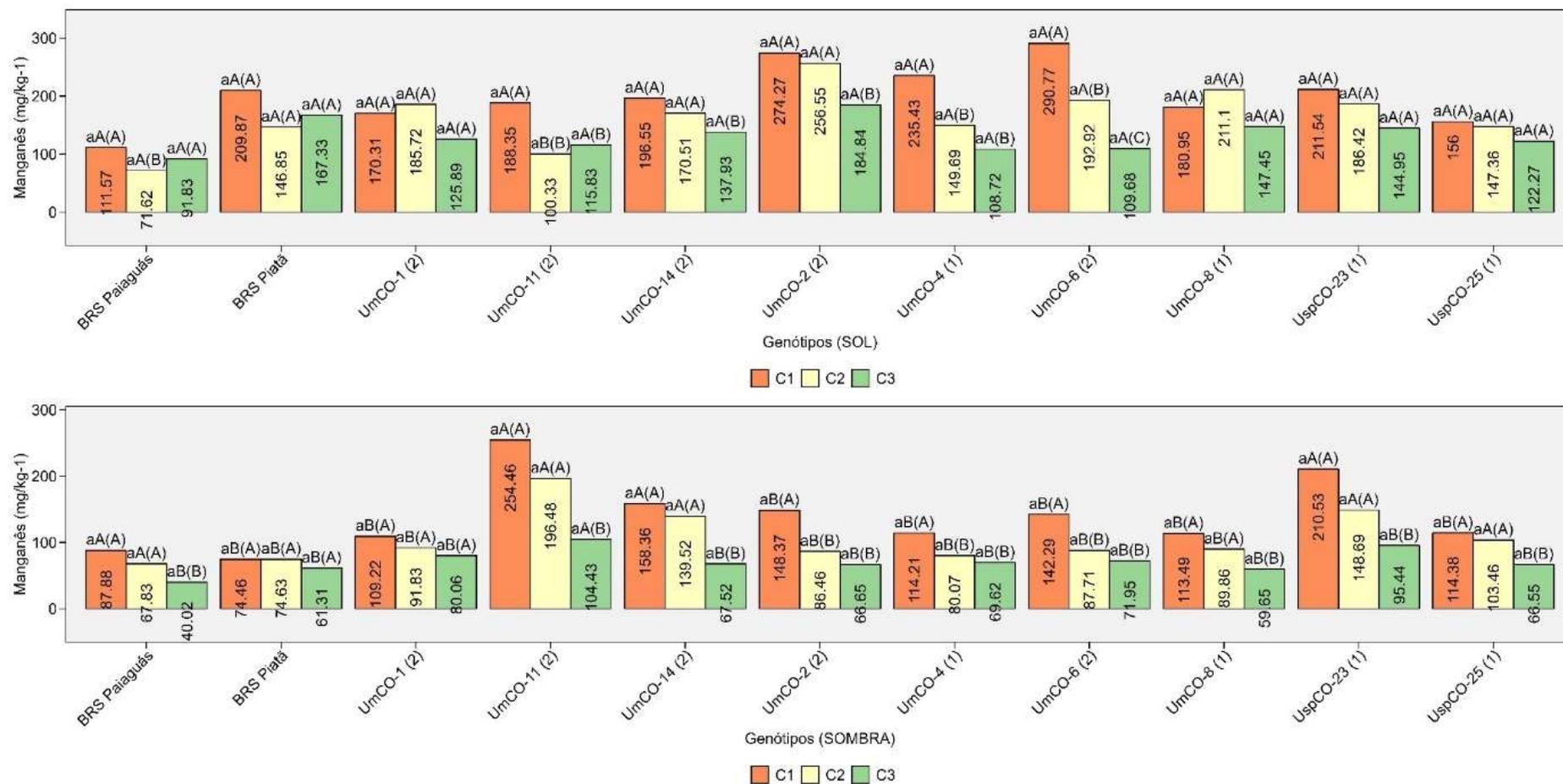
Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); **Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e em cada ambiente. ***Letras maiúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e em cada genótipo. ****Letras maiúsculas entre parênteses comparam os ciclos de produção em cada ambiente e em cada genótipo.

Figura 18. Teor de ferro em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de ferro para cada genótipo em cada ambiente.

Para o teor de manganês (Mn), observou-se interação genótipo x ambiente x ciclo ($p < 0,05$). O desdobramento da interação no ambiente em pleno sol demonstrou redução significativa ($p < 0,05$) no teor de Mn no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 para os acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2). Apenas a cultivar BRS Paiaguás reduziu o teor de Mn no ciclo 2 e aumentou no ciclo 3 (Figura 19).

No sombreamento, à exceção do acesso UmCO-1 (2) e da cultivar BRS Piatã, observou-se redução significativa ($p < 0,05$) no teor de Mn no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 nos demais acessos de *Urochloa mosambicensis* e na cultivar BRS Paiaguás. Nota-se, que os teores de Mn nos acessos de *Urochloa mosambicensis* não diferiram ($p > 0,05$) aos teores das cultivares BRS Paiaguás e Piatã nos ambientes e ciclos avaliados (Figura 19).

Comparando os genótipos entre ambientes de cada ciclo de produção, verificou-se no ciclo 1 aumento significativo ($p < 0,05$) nos teores de Mn foliar no ambiente de pleno sol em relação ao ambiente de sombra nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2), UmCO-8 (1) e UspCO-25 (1) e na cultivar BRS Piatã. No ciclo 2, a tendência de maiores teores de Mn no ambiente pleno sol permaneceu nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-8 (1) e na BRS Piatã. O acesso UmCO-11 (2) foi o único a apresentar redução no teor de Mn foliar no ambiente pleno sol nesse ciclo. No ciclo 3, os maiores teores de Mn foram verificados no ambiente pleno sol em comparação à sombra nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã e nos acessos de *Urochloa mosambicensis*, com exceção do acesso UmCO-11 (2), que não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os ambientes (Figura 19).



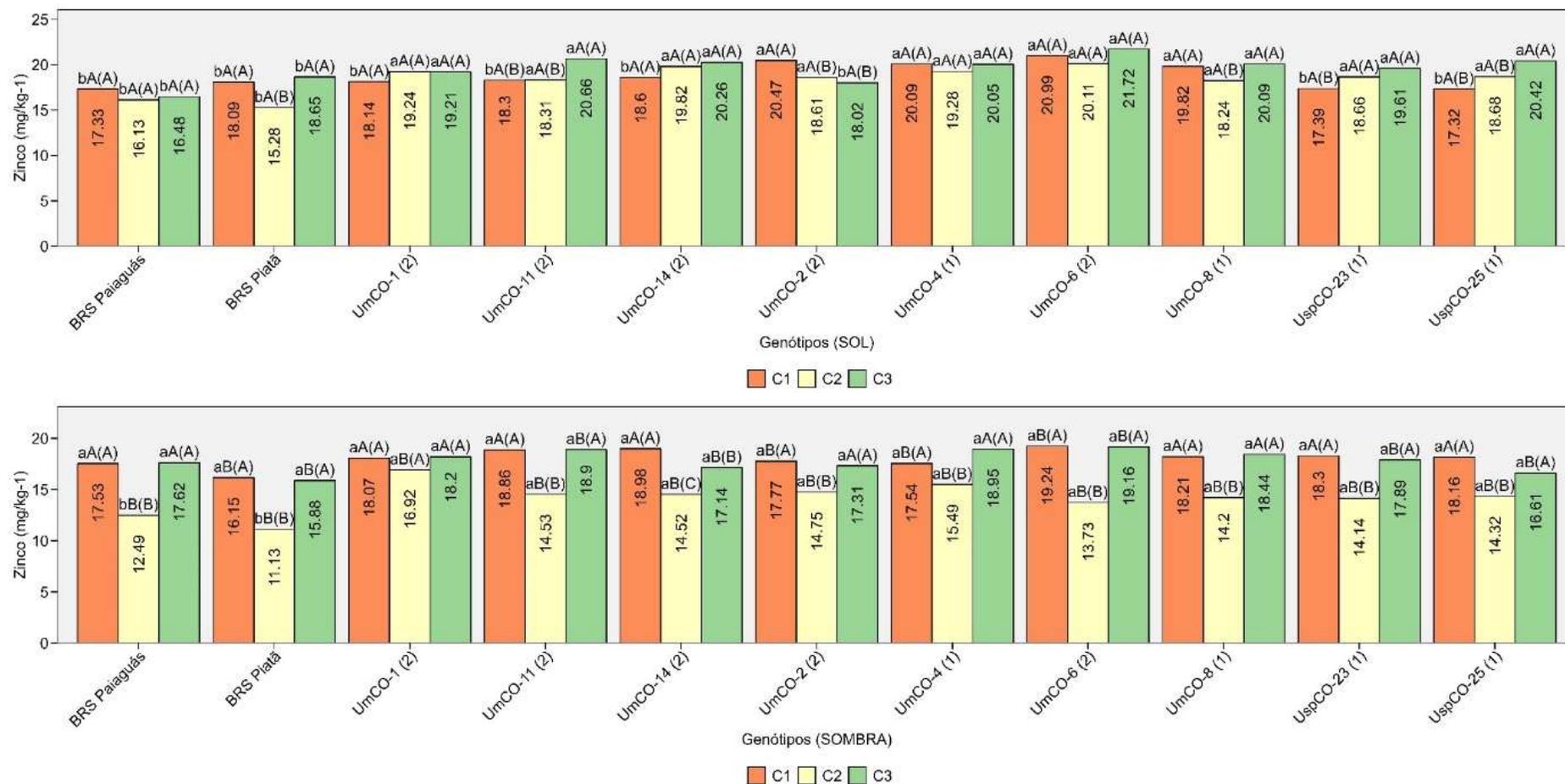
Nota: ***Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e em cada ambiente. ***Letras maiúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e em cada genótipo. ****Letras maiúsculas entre parênteses comparam os ciclos de produção em cada ambiente e em cada genótipo.

Figura 19. Teor de manganês em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de manganês para cada genótipo em cada ambiente.

Para o teor de zinco (Zn), observou-se interação genótipo x ambiente x ciclo ($p < 0,05$). O desdobramento no ambiente pleno sol mostrou aumento significativo no teor de Zn nas folhas no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 nos acessos UmCO-11 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1). O acesso UmCO-8 (1) e a cultivar BRS Piatã, apresentaram redução significativa no teor de Zn no ciclo 2, seguida de aumento no ciclo 3. Apenas o acesso UmCO-2 (2) reduziu o teor de Zn no ciclo 3 (Figura 20).

No ambiente sombreado, à exceção do acesso UmCO-1 (2), os demais acessos de *Urochloa mosambicensis* e as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã apresentaram reduções significativa no teor de Zn no ciclo 2 e posterior aumento no ciclo 3 (Figura 20).

A análise comparativa entre os genótipos em cada ciclo de produção revelou que, no ciclo 1, os acessos UmCO-2 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2) e a cultivar BRS Piatã, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), com teores elevados de Zn foliar no ambiente de pleno sol em relação ao ambiente de sombra. No ciclo 2, foi observado maior teor de Zn foliar no ambiente pleno sol em todos os acessos de *Urochloa mosambicensis* e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã ($p < 0,05$). No ciclo 3, os acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-6 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) e a cultivar BRS Piatã, apresentaram teores significativamente maiores ($p < 0,05$) de Zn no ambiente pleno sol em comparação ao ambiente sombreado, comportamento.



Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). **Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e em cada ambiente. ***Letras maiúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e em cada genótipo. ****Letras maiúsculas entre parênteses comparam os ciclos de produção em cada ambiente e em cada genótipo.

Figura 20. Teor de zinco em folhas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do teor de zinco para cada genótipo em cada ambiente.

Para as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã a ordem de acúmulo de macronutriente na folha foi: K>N>Mg>Ca>S>P e de micro: Fe>Mn>B>Zn>Cu. Os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2) e UspCO-23 (1) acumularam macronutrientes na seguinte ordem: K>N>Ca>Mg>P>S e micronutriente: Fe>Mn>B>Zn>Cu. Já os acessos UmCO-11 (2), UmCO-2 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2), UmCO-8 (1) e UspCO-25 (1) acumularam macro e micronutrientes na seguinte ordem, respectivamente: K>N>Ca>Mg>S>P e Fe>Mn>B>Zn>Cu.

Na análise de componentes principais, foram requeridos cinco componentes para explicar 79,11% da variabilidade observada nos tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando-se 66 tratamentos

CP	Autovalores	% Acumulada
1	2,73	24,83
2	2,06	43,57
3	1,71	59,14
4	1,32	71,13
5	0,88	79,11

O primeiro componente principal apresentou 24,83% da variabilidade total dos dados (Tabela 3) e correlacionou-se com 6 das 11 variáveis estudadas (

Tabela 4).

As variáveis P, Ca, Mg, S, Mn e Zn se correlacionaram de maneira elevada e positiva. O segundo componente principal apresentou 18,74% da variabilidade dos dados (Tabela 3), as variáveis NitTotal, Ca, B, Fe e Zn apresentaram correlação elevada e positiva e Cu elevada e negativa (

Tabela 4).

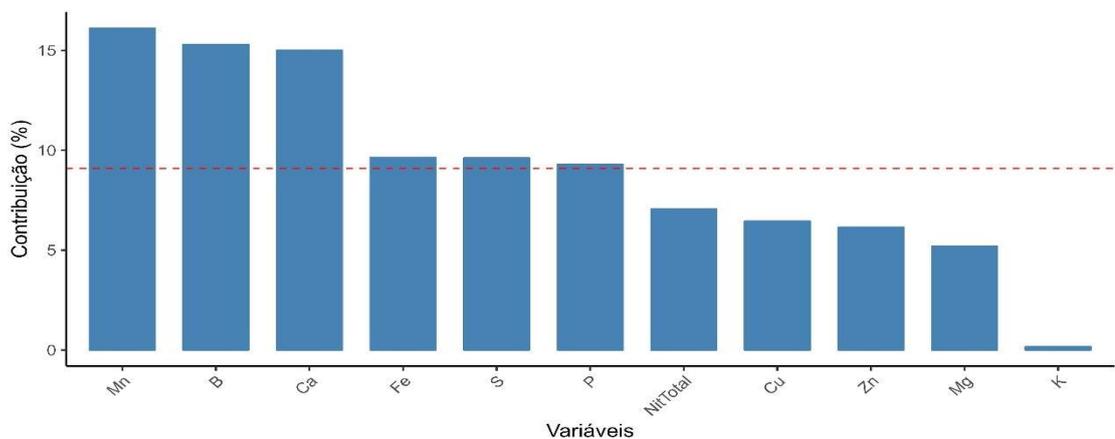
Tabela 4. Correlação e Qualidade de representação (Cos2) entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas em 66 tratamentos

Variáveis	Correlação		Cos2
	CP1	CP2	
NitTotal	-0,1936 ^{NS}	0,5485**	0,3383
P	0,6453**	-0,1706 ^{NS}	0,4455
K	-0,0308 ^{NS}	0,0833 ^{NS}	0,0079
Ca	0,8128**	0,2431*	0,7197
Mg	0,4756**	-0,1503 ^{NS}	0,2488
S	0,6552**	-0,1783 ^{NS}	0,4611
B	-0,1644 ^{NS}	0,8404**	0,7333
Cu	-0,0171 ^{NS}	-0,5558**	0,3093
Fe	0,0365 ^{NS}	0,6791**	0,4625
Mn	0,8540**	0,2069 ^{NS}	0,7722

Zn	0,4502**	0,3036*	0,2949
Nota: ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, NS Não significativo. Nitrogênio total (NitTotal); Fósforo (P); Potássio (K); Calcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn).			

Na Figura 21 são apresentadas as variáveis nutricionais com contribuições, em porcentagem. As variáveis de maior relevância são as que ultrapassam o ponto de corte indicado pela linha pontilhada (contribuição média esperada): P, Ca, S, B, Fe e Mn. Essas variáveis apresentaram maiores valores do parâmetro de qualidade de representação (Cos2) (

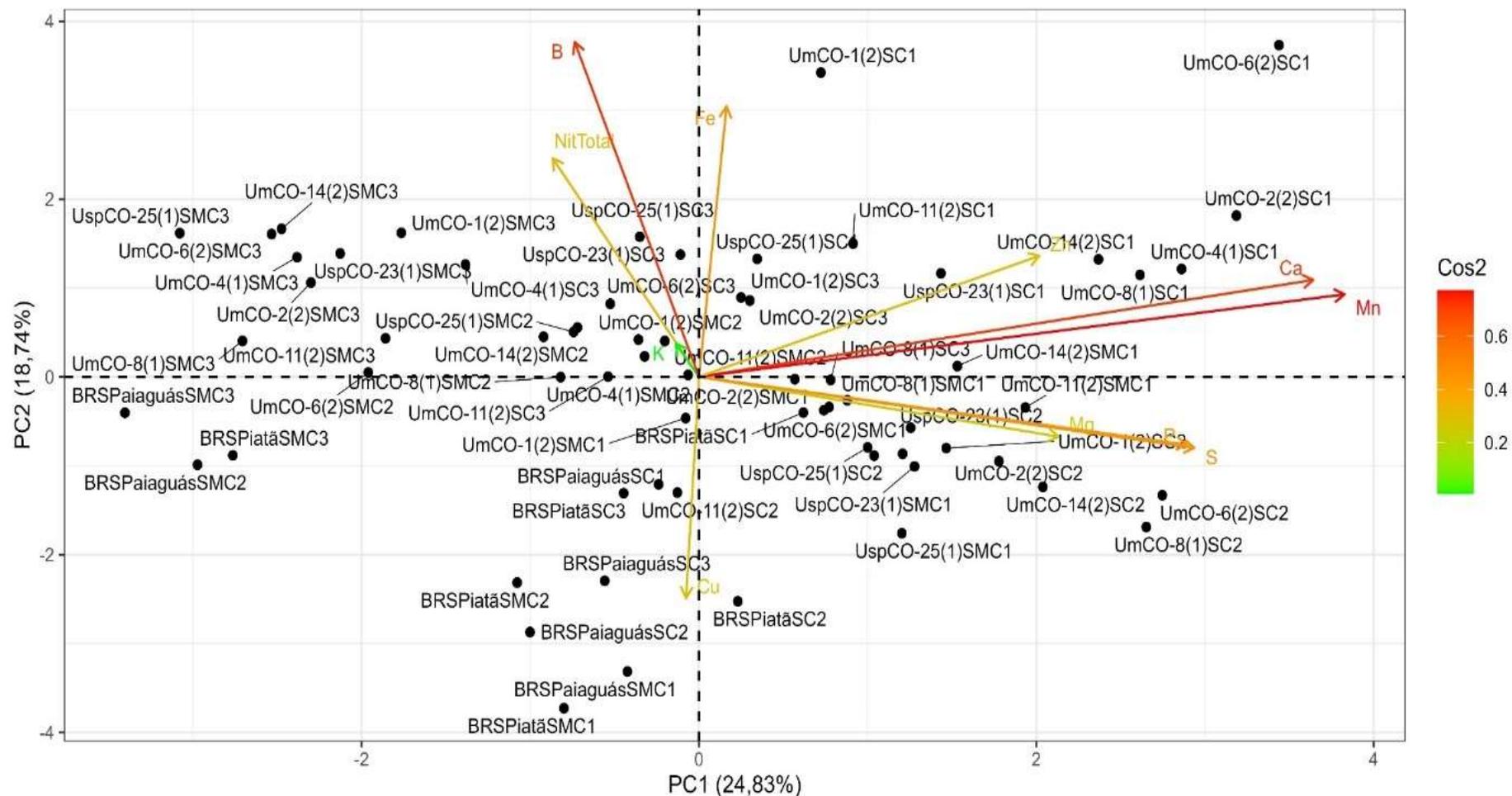
Tabela 4).



Nota: Nitrogênio total (NitTotal); Fósforo (P); Potássio (K); Calcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn).

Figura 21. Contribuição (%) das variáveis nutricionais avaliadas.

Os altos valores de Cos2 no gráfico Biplot das variáveis nutricionais e componentes principais (Figura 22) estão associadas a uma escala de cores de verde ao vermelho, quanto mais quente a cor (vermelho) maior a importância dessas variáveis. No gráfico, observou-se um agrupamento das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã na parte inferior do gráfico Biplot e distanciamento dos tratamentos UmCO-1 (2) SC1 e UmCO-6 (2) SC1 em relação aos demais tratamentos.



Nota: Componente principal 1 (PC1); Componente principal 2 (PC2); O genótipo seguido das abreviações: SC1 (Sol – ciclo 1); SC2 (Sol – ciclo 2); SC3 (Sol – ciclo); SMC1 (Sombra – ciclo 1); SMC2 (Sombra – ciclo 2); SMC3 (Sombra – ciclo 3), correspondem ao genótipo na condição de ambiente e ciclo de produção específico; Nitrogênio total (NitTotal); Fósforo (P); Potássio (K); Calcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn).

Figura 22. Gráfico Biplot dos componentes principais (PC1 e PC2) das variáveis nutricionais avaliadas nos acessos de *Urochloa mosambicensis* e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.

No dendrograma (Figura 23) se observa cinco grupos. O grupo 1 (em destaque de lilás), é formado exclusivamente pelo acesso UmCO-6 (2) no ambiente pleno sol, ciclo 1 (SC1) que apresentou maior média para as variáveis Ca, S, Mg e Mn (Tabela 5). O grupo 2 (em destaque de amarelo) é formado exclusivamente pelo acesso UmCO-1 (2), SC1 que apresentou maior média para as variáveis Fe e B (Tabela 5). Para o grupo 3 (em destaque de azul), formado pelos acessos que apresentaram maiores medias para Mn, Fe e B (Tabela 5), que se agrupam às cultivares BRS Paiaguás e Piatã (exceto o tratamento BRS Piatã, SC1, que ficou no grupo 5). O grupo 4 (em destaque de verde) agrupou os tratamentos do ciclo 2 e 3, apresentando os menores valores de P, Ca, Mg e S (Tabela 5). O grupo 5 agrupou tratamentos que apresentaram as maiores medias de P (Tabela 5).

Tabela 5. Média do teor nutricional dos grupos formados pelos acessos de *Urochloa mosambicensis* e pelas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em sol pleno em três ciclos de cultivo de acordo com o Dendograma.

GRUPOS	NitTotal	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
Grupo 1	11,02	1,30	13,60	6,60	5,00	2,20	53,30	0,80	727,70	290,80	21,00
Grupo 2	9,46	1,40	22,00	6,00	3,20	1,40	68,00	5,00	778,40	170,30	18,10
Grupo 3	9,43	1,30	18,30	4,30	3,40	1,40	42,60	4,80	127,90	106,80	17,00
Grupo 4	11,98	1,20	17,00	3,90	2,90	1,20	52,40	4,40	231,40	107,60	18,10
Grupo 5	9,97	1,40	16,70	6,30	3,60	1,80	46,70	3,80	167,70	211,00	18,60

Nota: Nitrogênio total (NitTotal); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn); Zinco (Zn).

7. DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo indicam que o sombreamento influencia o teor de nutrientes nas folhas. No ambiente de sol, o aumento do teor de nitrogênio (N) no terceiro ciclo é atribuído ao efeito de concentração de N nas folhas ao longo dos ciclos, o que pode ser ratificado pela redução da biomassa de forragem total (BFT) ao decorrer dos ciclos (Figura 32, capítulo 2) em função da redução da disponibilidade de outros nutrientes na solução do solo, em especial dos macronutrientes, tais como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), pois não havia reposição dos mesmos ao longo dos ciclos. A adubação de manutenção de N a cada ciclo é necessária em função do N ser o nutriente mais requerido pelas plantas, fazendo parte das estruturas moleculares de todo o aparato proteico envolvido no processo fotossintético, garantindo a reposição e disponibilidade do nutriente no solo para o crescimento das plantas.

Em contraste, no ambiente de sombra, a umidade do solo favoreceu a disponibilidade de N para as plantas. Embora as forrageiras de ambos os ambientes tenham recebido a mesma lâmina de irrigação, observou-se visualmente que o solo dos vasos no ambiente de sombra permanecia úmido por períodos mais prolongados, portanto, essa redução lenta da umidade no solo favorece a atividade microbiana, contribuindo para melhor disponibilidade de N para as plantas (Wilson, 1996; Pezzopane et al., 2020).

Quanto ao teor de fósforo (P), no ambiente de sol, o aumento no ciclo 2 não era esperado. Durante o estágio vegetativo inicial o crescimento da planta é mais rápido do que a absorção de P, causando uma diminuição considerável da parte aérea (Venekaas et al., 2012), refletindo na menor concentração de P nas folhas no ciclo 1, uma vez que, parte dos nutrientes absorvidos, inclusive o P é mobilizado para o sistema radicular visando o acúmulo de reservas orgânicas para eventuais situações de estresse (Larcher, 2006). No ciclo 2, o contínuo crescimento da parte aérea e a maior luminosidade que intensifica a fotossíntese, aumenta a demanda de P visando atender os processos de síntese de ATP e dos ácidos nucleicos. Como resultado, as plantas tendem a concentrar mais P nas folhas ou redistribuir de outros órgãos da planta. No ciclo 3, em decorrência da absorção do nutriente pelas plantas, possivelmente reduziu o nutriente no solo.

No ambiente de sombra, a umidade pode explicar o aumento no teor do nutriente nas folhas do ciclo 1. O P é um nutriente de baixa mobilidade no solo, desse modo, a umidade pode ter contribuído para maior disponibilidade de P devido a solubilização e reação dos fertilizantes no solo (Gurmu, 2023). O decréscimo no teor de P dos ciclos seguintes são decorrentes da absorção do nutriente pelas plantas, já que não houve adubação com P em cada ciclo.

O P atua na transferência de energia e no desenvolvimento do sistema radicular, sendo o segundo nutriente que mais limita o desenvolvimento e produtividade de gramíneas forrageiras em regiões tropicais (Oliveira et al., 2012). Os teores de P nas folhas das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã foram inferiores aos dos acessos de *Urochloa mosambicensis*, o que pode indicar maior eficiência na recuperação do nutriente em comparação com as cultivares. Essa característica pode contribuir para maior resiliência desses acessos em solos com baixos teores de P, a exemplo dos solos na região Semiárida brasileira onde prevalecem solos deficientes de P (Menezes et al., 2012).

O potássio (K) atua na abertura e regulação dos estômatos, participa da síntese de proteínas, do transporte de nutrientes dentro da planta, além de estar relacionado ao aumento da resistência das plantas aos estresses abióticos (Taiz et al., 2017). No ambiente de sombra, a menor intensidade luminosa proporciona uma taxa de evapotranspiração reduzida e, consequentemente, menor perda de água pelas plantas, podendo aumentar a absorção e acúmulo de K (Zhang et al., 2021; Duan e Fontainer, 2022), justificando o maior teor de K nas folhas sob sombreamento. Isso está em consonância com o estudo de Al-Dalwi e Bakkar (2023), que observaram aumento no teor de K em folhas de Murta (*Myrtus communis* L.) sob sombreamento de 50%. Os autores associam esse aumento ao fato de que a menor taxa respiratória em plantas cultivadas sob sombreamento moderado (50%) em comparação com aquelas cultivadas sob maior intensidade de luz resulta em maior retenção de nutrientes nas folhas, incluindo K.

Gente (2008) trabalhando com absorção de K em tomate sob sombreamento de 50% constatou aumento no teor K nas folhas, acompanhado por uma redução na produção de biomassa, indicando efeito de concentração do nutriente. Esses dados ratificam os resultados observados neste estudo, pois em condição de sombra o teor de K nas folhas aumentou, indicando menor eficiência de uso do nutriente, já que a biomassa de forragem total reduziu ao longo dos ciclos (Figura 32, capítulo 2).

O cálcio (Ca) atua na formação das paredes celulares, bem como na regulação da permeabilidade celular e ativação enzimática (Taiz et al., 2017). De acordo com Prado (2020) plantas com maior teor de Ca podem ser mais resistentes aos estresses abióticos e bióticos. Portanto, os acessos UmCO-14(2), UmCO-2(2), UmCO-8(1), UspCO-23(1) apresentaram maiores teores foliares de Ca, o que sugere ser mais eficientes na absorção de Ca disponível no solo, uma característica desejável em ambientes com recursos limitados.

A redução no teor de Ca nas folhas dos genótipos ao longo dos ciclos pode ser atribuída à provável redução na concentração de Ca no solo em função da absorção pelas forrageiras. Com base na recomendação de calagem, a saturação de bases de 59,79% é considerada

adequada para atender às exigências das forrageiras (Alvarez et al., 1999), o que dispensou a aplicação de calcário. No ciclo 1, as plantas absorveram o Ca presente no solo, acumulando-o nos tecidos. Entretanto, ao longo do tempo, é possível que a disponibilidade de Ca no solo tenha diminuído devido à ausência de aplicação de calcário e à contínua absorção e utilização do nutriente pelas forrageiras, levando a redução no teor de cálcio nas folhas no ciclo 3. Importante ressaltar que não foram identificados sintomas de deficiência de cálcio nas folhas durante o estudo.

O teor de cálcio (Ca) nas folhas foi menor sob ambiente de sombra. Nesse ambiente, as plantas tendem a priorizar o desenvolvimento de folhas com aumento no comprimento da lâmina foliar e alongamento de colmo, otimizando a captação de luz, conforme observado nesse estudo (Figura 30, capítulo 2). Esse crescimento acelerado em busca de luz leva à diluição da concentração de Ca na planta, resultando em uma concentração proporcionalmente menor de Ca em cada unidade de biomassa (Cruz et al., 2021; Taiz et al., 2017). Esse fato é evidenciado pela maior biomassa de forragem total (BFT) em ambiente de sombra (Figura 32, capítulo 2) e consequente redução no teor de Ca nas folhas (Figura 10).

O magnésio (Mg) apresentou padrões que refletiram as tendências observadas no teor de Ca nas folhas. Ambos os nutrientes são fornecidos ao solo por meio da calagem, cuja aplicação não foi necessária neste estudo, contribuindo para a diminuição nos teores de Mg no ciclo 3. Em ambiente de pleno sol, onde a luminosidade é maior, as plantas apresentam maior a atividade fotossintética (A média em ambiente de sol = $20,91 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; A média em ambiente de sombra = $12,65 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, dados coletados, porém, não apresentados), por conseguinte, eleva a demanda por clorofila e por magnésio. Esse nutriente é necessário tanto para a formação da clorofila quanto para ativação das enzimas fotossintéticas (Taiz et al., 2017). Dessa forma, o maior teor de Mg observado nas plantas expostas ao ambiente de pleno sol pode ser explicado pela necessidade de suprir a demanda metabólica da planta nessas condições. Ainda, a menor biomassa de forragem total (BFT) em ambiente de sol (Figura 32, capítulo 2), contribui para maior concentração de Mg por unidade de biomassa, devido ao efeito de concentração do nutriente. A ausência de efeito entre os genótipos em cada ciclo, demonstra que tanto as cultivares como os acessos possuem a mesma exigência de Mg.

A análise do teor de enxofre (S) revelou comportamentos distintos entre os genótipos quando cultivados sob diferentes condições de luminosidade. Embora não tenha sido realizada uma adubação específica para enxofre, a aplicação de superfosfato simples no plantio fornece entre 8% e 12% de S. No ambiente de sol, a redução no teor de S do ciclo 1 para 3 no acesso UmCO-4 (1) era esperada, devido ao fornecimento inicial do nutriente sem reposição.

O enxofre se deposita nas camadas subsuperficiais do solo, o que pode ter contribuído para o aumento no teor de S nas folhas do acesso UmCO-6 (2) e da cultivar BRS Piatã no ciclo 2. Mesmo com a realização do experimento em vasos, a dinâmica de distribuição do nutriente no solo é a mesma, pois à medida que o sistema radicular dos genótipos se desenvolveu ao longo dos ciclos, as raízes acessaram as camadas inferiores do vaso, onde o S estava acumulado, permitindo uma maior absorção do nutriente e, conseqüentemente, aumento em seu teor nas folhas. Na BRS Paiaguás, o aumento do teor de S na folha do ciclo 3 indica maior eficiência na recuperação de S em condições de pleno sol ao longo do tempo.

No ambiente de sombra, os genótipos apresentaram a tendência de redução do teor de S foliar no ciclo 3. Conforme mencionado, o nutriente foi fornecido ao solo em decorrência da adubação fosfatada no plantio, sem reposição posterior. A constante absorção e utilização do nutriente pelas plantas levou a possível redução de S no solo e nas plantas ao longo dos ciclos.

Analisando o comportamento dos genótipos em cada ciclo, percebe-se um padrão de aumento do teor de S em ambiente de sol, indicando que esse ambiente favorece a acumulação de S em alguns genótipos. Isso pode ser devido à maior atividade fotossintética e demanda metabólica associada. O S é um constituinte de aminoácidos como a cisteína e a metionina, que são partes de proteínas, e participa na síntese da clorofila (Taiz et al., 2017). Assim, há uma demanda maior de S para suprir o aumento da atividade fotossintética no ambiente de sol, além da menor produção de biomassa de forragem total (BFT) nesse ambiente, (Figura 32, capítulo 2) resultando no efeito de concentração do nutriente. Por outro lado, no ambiente de sombra, apesar da redução ao longo dos ciclos, a maior produção de biomassa de forragem total (BFT) (Figura 32, capítulo 2) em relação ao ambiente de pleno sol, levou ao efeito de diluição do nutriente.

O Boro (B) está associado à síntese e estrutura das paredes celulares, ao alongamento celular e ao metabolismo de ácidos nucleicos (Taiz et al., 2017). O ambiente de sombra apresentou maior produção de biomassa de forragem total (BFT) (Figura 32, capítulo 2), o que possivelmente aumentou a demanda pelo nutriente devido às suas funções na planta. Os acessos de *Urochloa mosambicensis*, com exceção do UmCO-11 (2), exibiram teores de B foliar superiores às cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã nesse ambiente. Essa resposta sugere uma adaptabilidade específica desses acessos em relação às cultivares a ambientes de baixa luminosidade, indicando uma capacidade superior de acumular B de forma mais eficiente sob tais condições.

Para o teor de cobre (Cu), no ambiente em pleno sol os genótipos apresentaram a tendência de aumentar o teor foliar do nutriente a partir do segundo ciclo. De acordo com

Marschner (1995), o cobre está associado à plastocianina e participa da síntese de quinona e na cadeia de transporte de elétrons entre fotossistemas I e II, além de atuar como ativador enzimático. Portanto, a maior concentração de Cu nas folhas a partir do ciclo 2, pode estar associada à redução da taxa de transporte de elétrons (ETR médio de $125 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ no ciclo 1 e ETR média de $101,82 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ nos ciclos 2 e 3 – dados coletados, porém não apresentados), causada pela redução da atividade RUBISCO, reduzindo a taxa de fotossíntese foliar das plantas, impactando negativamente na eficiência de carboxilação foliar. Por outro lado, o teor de Cu nas folhas está no limite mínimo para o atendimento da exigência de Cu pelos ruminantes, de 5 mg.kg^{-1} (McDowell, 1985), sendo necessário portanto, o uso de suplementos minerais para o atendimento dos requerimentos nutricionais diários para os animais.

No ambiente de sombra, os genótipos apresentaram comportamentos distintos. Vale destacar que a elevada concentração de cobre no primeiro ciclo das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, além dos acessos UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1), cujas concentrações foram acima de 7 mg.kg^{-1} deveu-se à baixa taxa de fotossíntese foliar (média de 19,11 no ambiente de sombra $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $30,22 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em ambiente de pleno sol, dados coletados, porém não apresentados), impactando na taxa de transporte de elétrons entre os fotossistemas, culminando em concentrações elevadas do mineral na folha, que com os ciclos subsequentes houve ajustamento fisiológico, reduzindo o teor de Cu nas folhas em decorrência da menor atividade fotossintética. Vale ressaltar, que de maneira oposta, os acessos UmCo-1(2), UmCO-8(1) aumentaram o teor de Cu na folha, mostrando boa plasticidade fenotípica à condição de sombreamento imposto.

Cerca de 80% do ferro (Fe) nas plantas está nos cloroplastos. O nutriente participa da biossíntese de clorofila e está diretamente relacionado com a fotossíntese (Prado, 2020). No ambiente de sol, a redução no teor de Fe nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2) e UmCO-6 (2) no terceiro ciclo, sugere que esses acessos possam ter características específicas, como maior absorção ou mobilização de Fe. A intensa luminosidade e a elevada atividade fotossintética no ambiente de sol aumentaram a demanda por Fe, resultando em uma utilização mais rápida do nutriente no ciclo 1 e, possivelmente, no esgotamento gradual do Fe disponível no solo. Em contraste, os acessos UmCO-2 (2) e UmCO-8 (1) reduziram o teor de Fe foliar no ciclo 2 seguido por um aumento no ciclo 3, sugerindo uma possível adaptação ao ambiente de pleno sol, onde esses acessos podem ter mecanismos para absorver ou mobilizar Fe de outros órgãos mais eficientemente após um período de ajuste inicial.

No ambiente de sombra, a maioria dos acessos aumentou os teores de Fe no ciclo 3. Esse aumento pode ser explicado pela menor demanda fotossintética sob baixa luminosidade,

permitindo uma maior acumulação de Fe nas folhas. A cultivar BRS Paiaguás apresentou um aumento no teor de Fe no ciclo 2, seguido por uma redução no ciclo 3, indicando uma resposta temporária à disponibilidade de Fe no solo que não se sustentou no longo prazo.

Em relação aos genótipos em cada ciclo, no ciclo 1, a maioria dos acessos de *Urochloa mosambicensis* apresentaram maior teor de Fe foliar em ambiente de pleno sol. Isso pode ser atribuído à maior intensidade luminosa, que potencialmente aumentou a demanda de Fe, essencial para os processos fotossintéticos e enzimáticos (Hopkins, 1999). Em contraste, nos ciclos 2 e 3, alguns acessos mostraram maior teor de Fe no ambiente de sombra. Isso sugere que esses acessos podem ter desenvolvido mecanismos de tolerância (Larcher, 2006) para adaptar e manter níveis adequados de Fe mesmo em condições de baixa luminosidade.

O manganês (Mn) é um micronutriente que participa dos processos de oxirredução na planta, como transporte de elétrons na fotossíntese e desintoxicação dos radicais livres de O_2^- , além de estar ligado à estrutura das membranas dos tilacóides e ser um ativador de enzimas, como a redutase de nitrito (Prado, 2020). No ambiente de sol, a redução no teor de Mn no ciclo 3 pode ser dada pelo esgotamento gradual do Mn disponível no solo e à alta demanda deste nutriente, devido a intensidade luminosa elevada no ambiente de sol que aumenta a atividade fotossintética e metabólica. A cultivar BRS Paiaguás, mostrou redução no teor de Mn no ciclo 2 seguida de um aumento no ciclo 3, sugerindo um possível ajuste dinâmico do mecanismo de absorção e de mobilização do Mn, em resposta às variações na disponibilidade do nutriente no solo e nas necessidades fisiológicas da planta.

No ambiente de sombra, a redução do teor de Mn no ciclo 3 para a maioria dos acessos *Urochloa mosambicensis* também pode ser atribuída ao esgotamento gradual do Mn disponível no solo, já que não houve adubação com o nutriente. Além disso, pode estar relacionada a uma possível interação entre Fe e Mn. Os dois nutrientes compartilham vias de absorção semelhantes, como relatado por Santos et al. (2021), onde a absorção de Fe, Ca e Zn podem reduzir a absorção de Mn. No ambiente de sombra, à medida que o teor de Fe aumentou ao longo dos ciclos (Figura 18), o teor de Mn reduziu (Figura 19).

Em relação aos genótipos em cada o ciclo de produção, houve a tendência de aumentar o teor de Mn em ambiente de sol. Este resultado pode ser atribuído à maior intensidade luminosa, que aumenta a necessidade de Mn para a fotossíntese e metabolismo das plantas devido à sua função na ativação de enzimas relacionadas aos processos fotossintéticos e na proteção contra o estresse oxidativo. Além disso, a menor produção de biomassa de forragem total (BFT) (Figura 32, capítulo 2) no ambiente de sol leva ao efeito de concentração no nutriente. A similaridade no teor de Mn entre os acessos e as cultivares em todos os ciclos pode ser explicada

também pela biomassa de forragem total, que foi semelhante entre os genótipos em todos os ciclos de produção (Figura 31, capítulo 2).

O zinco (Zn) atua na síntese de proteínas, na regulação do crescimento e na ativação de enzimas e de fitormônio, tais como auxina (AIA) (Taiz et al., 2017). De acordo com Werner et al. (1996), a faixa de concentração adequada para Zn para as espécies *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* é de 20 a 50 mg.kg⁻¹, portanto, os valores encontrados no presente trabalho para ambos os ambientes estão próximos ao limite mínimo de exigência de Zn, havendo, portanto, a necessidade de reposição desse nutriente para atendimento da demanda nutricional da planta. No ambiente pleno sol, o aumento no teor de Zn nas folhas no ciclo 3 nos acessos UmCO-11 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) pode ser explicado pela intensificação da atividade fotossintética e do metabolismo das plantas devido à alta luminosidade, levando a uma maior absorção e acumulação do nutriente ao longo do tempo. Por outro lado, o acesso UmCO-2 (2) reduziu o teor de Zn no ciclo 3, sugerindo maior eficiência de uso do nutriente, haja vista que houve redução da biomassa de forragem ao longo dos ciclos nos demais acessos, não havendo, portanto, consumo de “luxo” do nutriente em tal acesso.

No ambiente de sombra, a maioria dos acessos de *Urochloa mosambicensis* reduziram os teores de Zn foliar no ciclo 2, seguido de um aumento no ciclo 3. Este padrão de resposta pode ser explicado por dois fatores: disponibilidade do nutriente no solo e resposta fisiológica dos genótipos. O Zn se liga aos coloides do solo, o que reduz perdas por percolação e aumenta a decorrência residual (Santos et al. 2021), contribuindo para o aumento do teor do nutriente no ciclo 3. Além disso, o fato da taxa de fotossíntese foliar no ambiente sombreado ter reduzido no ciclo 2, aumentado no ciclo 3 (7,87 e 10,96 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente, dados coletados, porém, não apresentados) reflete em menor eficiência de carboxilação e, por consequência, em menor eficiência de uso da água (dados coletados, porém não apresentados), sugere um possível estresse metabólico refletindo menor demanda de Zn pelas plantas. O acesso UmCO-1 (2) não apresentou diferença no teor de Zn entre os ciclos, sugerindo uma estabilidade na absorção e utilização do nutriente sob condições de baixa luminosidade.

Quanto ao acúmulo de nutrientes, todos os genótipos apresentam maior acúmulo de potássio (K) seguido de nitrogênio (N), com mudanças na ordem de acúmulo entre cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e posteriormente entre fósforo (P) e enxofre (S), enquanto, para micronutrientes a ordem de acúmulo foi a mesma para todos os genótipos avaliados. O K e N possuem interação positiva, ou seja, quando ambos os nutrientes estão disponíveis em quantidades adequadas atuam de forma sinérgica promovendo o crescimento da planta e a presença de um não inibe a absorção do outro. Ainda, à medida que as plantas crescem e se

desenvolvem, elas precisam de K para facilitar a absorção de N, isso significa que, mesmo que o N esteja presente no solo, a falta de K pode limitar a capacidade da planta de utilizar N efetivamente (Nascimento et al., 2021), o que justifica o maior acúmulo desses nutrientes. O mesmo foi observado em *Urochloa decumbens* (Mesquita et al., 2024)

Na análise multivariada, observou-se que as variáveis de teores de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) demonstraram correlação positiva. Esse padrão indica que os genótipos que apresentam teores elevados de um desses nutrientes tendem a apresentar concentrações igualmente elevados dos demais. Em contraste, os teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca), boro (B), ferro (Fe) e zinco (Zn) correlacionaram-se negativamente com o teor de cobre (Cu). Isso implica que os genótipos com maiores concentrações foliares de N, Ca, B, Fe e Zn tendem a apresentar menores concentrações de Cu foliar. Tal resultado era esperado para os cátions Ca, Fe e Zn, uma vez que tais minerais competem pelo mesmo sítio de absorção nas raízes, causando depleção entre eles (Larcher, 2001). Contudo, para N, é possível que tenha havido maior absorção na forma de NH_4^+ , causando o mesmo comportamento em relação aos cátions anteriormente relacionados, haja vista que esse cátion é absorvido por meio de canal iônico, sem gasto energético direto, enquanto, a absorção na forma de NO_3^- , requer quantidade apreciável de energia pelo transportador (simporte) (Prado, 2020).

Analisando o gráfico biplot e, conseqüentemente, o dendograma, observa-se a formação de pelo menos cinco agrupamentos, mostrando diferentes respostas dos genótipos quanto à concentração dos nutrientes na folha entre os ambientes e ao decorrer dos ciclos.

Os acessos UmCO-6 (2) e UmCO-1 (2) em ambiente de sol no ciclo 1 apresentaram comportamentos distintos entre eles e os demais genótipos avaliados. O acesso UmCO-6 (2) apresentou maior teor de cálcio (Ca), enxofre (S), magnésio (Mg) e manganês (Mn), característica única, o colocando exclusivamente no grupo 1. Tal fato decorre do efeito de concentração desses nutrientes no referido acesso, pois a taxa de produção de forragem apresentou $0,36 \text{ gMS.vaso}^{-1}$ no ciclo 1, enquanto nos demais ciclos a média foi $1,28 \text{ g.vaso}^{-1}$ (dados coletados, porém não apresentados) mostrando um possível estresse adaptativo do genótipo ao ambiente imposto, refletindo, inclusive em seu florescimento precoce nos ciclos 1 e 2 (Tabela 7, capítulo 2). Já o acesso UmCO-1 (2), apresentou maior teor de ferro (Fe) e boro (B) no ciclo 1, ficando exclusivamente no grupo 2 em decorrência da possível adaptação do genótipo ao ambiente imposto.

Os grupos 3 e 4 compreendem os menores teores de micro e macronutrientes, respectivamente. A deficiência nutricional é um dos fatores limitantes da produtividade de

gramíneas forrageiras (China e Arévalo, 2014). A adubação nitrogenada, embora fundamental para otimizar a produção de biomassa, uma vez que, o nitrogênio é o nutriente mais requerido pelas gramíneas, pode intensificar a demanda por micronutrientes, mesmo que esses sejam requeridos em menores quantidades pelas plantas (Viana et al., 2011). Assim, a aplicação de nitrogênio como adubação de manutenção, sem a reposição de outros nutrientes, desencadeia desequilíbrio nutricional impactando negativamente a produtividade da forragem.

O agrupamento 3 (menores teores de manganês (Mn), ferro (Fe) e boro (B)), permite identificar os genótipos com menores teores desses nutrientes. Nesse grupo a BRS Paiaguás se destaca por manter consistente esse comportamento nos dois ambientes avaliados e nos três ciclos produtivos, seguida da cultivar BRS Piatã e dos acessos UmCO-8 (1) e UmCO-2 (2) no ambiente de sombra em todos os ciclos. Esses genótipos, demonstram maior requerimento para adubação com micronutrientes, demanda que se intensifica em condição de manejo mais intensificado, onde é frequente a necessidade de adubação nitrogenada.

O agrupamento 4 (menores teores de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nos ciclos 2 e 3), demonstra a importância da reposição dos macronutrientes em ciclos subsequentes, em especial nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-6 (2), UmCO-14 (2), UspCO-25 (1) e UspCO-23 (1) em ambiente de sombra e UmCO-4 (1) no ambiente de sol, o que demonstra maior exigência nutricional de tais acessos às condições de manejo mais intensivos, sob corte frequentes permitindo, portanto, a seleção de genótipos com maior potencial produtivos no programa de melhoramento da espécie avaliada.

O acesso UmCO-2 (2) no ambiente de sol, demonstrou mesmo comportamento nos três ciclos produtivos do agrupamento 5 (maior teor de fósforo (P) foliar), destacando-se com maior potencial de absorção desse nutriente em relação aos demais genótipos avaliados. Considerando os solos da região semiárida, caracterizados por baixa fertilidade natural, incluindo P (Menezes et al., 2012), essa capacidade do acesso UmCO-2 (2) torna-o uma opção promissora para o desenvolvimento de cultivares mais eficientes na utilização de P.

8. CONCLUSÕES

O sombreamento artificial com 50% de transmitância tem influência no teor de nutrientes dos acessos de *Urochloa mosambicensis*, com aumento dos teores de nitrogênio, potássio, boro e cobre.

Os acessos de *Urochloa mosambicensis* são mais eficientes na absorção de fósforo em relação às cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã.

A cultivar BRS Paiaguás é mais exigente em micronutrientes, destacando a necessidade de uma adubação de reposição para atender suas demandas nutricionais.

O acesso UmCO-2 (2) responde de forma distinta aos ambientes de cultivos. Sob sombreamento, juntamente com o acesso UmCO-8 (1), demonstram ser mais exigentes em micronutrientes. Em pleno sol, o acesso UmCO-2 (2) é mais eficiente na absorção de fósforo.

Fica evidente que independente do ambiente de cultivo, há a necessidade de reposição de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre ao longo dos ciclos de produção visando a manutenção da produtividade e da qualidade das forrageiras ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, H. e Williams, L. J. 2010. Principal component analysis. **Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics** 2:433-459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Al-Dalwi, L. M. S. e Al-Bakkar, A. H. A. Q. 2023. Effect of Shading Ratio, Benzyl Adenine and Organic Fertilizer on the Content of Elements and some Chemical Compounds of Myrtle Plants (*Myrtus communis* L.). **Fifth International Conference for Agricultural and Environment Sciences** 1158:1-10. <https://10.1088/1755-1315/1158/4/042043>
- Alvarez, V. V. H.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Cantarutti, R. B. e Lopes, A. S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. p. 25-32. In: **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG.
- Araújo Filho, J. A. 2013. **Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga**. 22ª ed., Recife: Projeto Dom Helder Câmara.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Texeira, J. P. F.; Furlani, P. R. e Gallo, J. R. 1983. **Métodos de análise química de plantas**. Boletim Técnico nº 78. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 48 p.
- Bernardino, F. S. e Garcia, R. 2010. Sistemas Silvipastoris. Pesquisa Florestal Brasileira 60:77-87. <https://doi.10.4336/2009.pfb.60.77>
- Bezerra, R. C. A.; Leite, M. L. M. V.; Almeida, M. C. R.; Leucena, L. R. R.; Simões, V. J. L. P. e Bezerra, F. J. S. M. 2019. Características agronômicas de *Urochloa mosambicensis* sob diferentes níveis de fósforo e nitrogênio. **Magistra** 30:268–276. ISSN 2236-4420
- Boaretto, A. E.; Van Raij, B.; Silva, F. C.; Chitolina, J. C.; Tedesco, M. J. e Carmo, C. A. F. S. 2009. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. p. 59-85. In: **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Box, G. E. P e Cox, D. R. 1964. An Analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)** 26:211-243. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
- Brito Neto, J. F.; Chaves, F. F. A.; Silva, A. L. P.; Mesquita, E. F.; Soares, C. S.; Cruz, G. K. G.; Ferraz, R. L. S.; Paiva, F. R.; Araújo, K. R. C.; Macedo, R. S. e Melo, A. S. 2023. Soil Health in an Integrated Production System in a Brazilian Semiarid Region. **Land** 12:1–12. <https://doi.org/10.3390/land12122107>
- China, E. e Arévalo, J. R. 2014. Effects of fertilization management on pasture productivity and nutrient composition. **Grass and Forage Science** 69:415–424. <https://10.1111/gfs.12057>
- Cruz, M. G. e Leite, M. L. M. V. 2020. Produtividade do capim-corrente submetido a diferentes alturas e frequências de corte. In: **Anais do 5º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências**. Campina Grande.

Cruz, P. J. R.; Borges, C. E.; Santos, M. V.; Magalhães, M. A. e Martuscello, J. A.; Fonseca, D. M. e Silva, L. D. 2021. Shade effects on the hybrid Mavuno brachiariagrass (*Urochloa* spp.) as potential grass in agroforestry systems. **Agroforestry Systems** 95:1105–1108. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00636-4>

Dossa, E. L.; Fernandes, E. C. M.; Reid, W. S. e Ezui, K. 2008. Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. **Agroforestry Systems** 72:103–115. <https://doi.10.1007/s10457-007-9075-4>

Drumond, M. A.; Moraes, S. M. e Ribaski, J. 2013. Sistemas agroflorestais para o Semiárido brasileiro. p. 1-16. In: **Anais do IX Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Ilhéus, Bahia.

Duan, H. e Fontanier, C. 2022. Effect of acute shade on the canopy morphology and evapotranspiration rates of three turfgrasses. **International Turfgrass Society Research Journal** 14:262–265. <https://10.1002/its2.110>

Gent, M. P. N. 2008. Density and Duration of Shade Affect Water and Nutrient Use in Greenhouse Tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 133:619–627.

Gonçalves, M. B.; Silva, I. S.; Silva, A. J. Da; Santos, A. F. F. Dos; Santos, H. J. S.; Mourthé, M. H. F. e Braz, T. G. S. 2022. Produção de forragem e eficiência no uso do nitrogênio em capim-corrente. **Caderno de Ciências Agrárias** 14:1–9.

Gurmu, S. 2023. Review on Effect of Phosphorous Fertilizer and Its Availability on Growth and Development of Maize (*Zea mays* L.). **Journal of Environment and Earth Science** 13:35–43 <https://10.7176/jees/13-4-03>

Hirzel, J.; Moya-Elizondo, E.; Hernández, M.; Guzmán, P. e González, D. 2020. Effect of shade cloth on the evolution of nutrient concentrations in apple tree leaves. **Scientia Horticulturae** 266:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109288>

Hopkins, W. G. 1999. **Introduction to plant physiology**. 2ª ed. University of Western Ontario, London. 512p.

Jolliffe, I. T. 1986. Principal component analysis. New York: Springer Verlag. **Journal of Statistical Software** 25:1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>

Kassambara, A. e Mundt, F. 2020. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7.

Larcher, W. 2006. **Ecofisiologia Vegetal**. 3ª ed., São Carlos. 550p.

Lê, S.; Josse, J. e Husson, F. 2008. **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**.

Marschner, H. 1995. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 672p.

Mcdowell, L. R. 1985. **Nutrition of grazing ruminants in warm climates**. New York: Academic Press, 443p.

McIvor, J. G. 1985. The growth of *Urochloa* accessions in grazed swards with *Stylosanthes* near Townsville, north Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 25:61-69. <https://doi.org/10.1071/EA9850061>

Medeiros, S. S.; Reis, C. F.; Santos Júnior, J. A.; Klein, M. R.; Ribeiro, M. D.; Szekut, F. D. e Santos, D. B. 2013. **Manejo de irrigação do tanque Classe A**. INSA: Campina Grande. (Cartilha).

Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Giongo, V. e Perz-Marin, A. M. 2012. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Biogeochemical Cycling Caatinga** 72:643–653.

Mesquita, A. M. S.; Pompeu, R. C. F. F.; Cândido, M. J. D.; Lopes, M. N.; Rogério, M. C. P.; Feitosa, T. S.; Andrade, H. A. F.; Almeida, H. J. e Souza, H. A. 2024. Forage and macronutrient accumulation in grass-legume intercropping in a warm climate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 48. 1-13. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20230141>

Moraes, A.; Carvalho, P. C. F.; Lustosa, S. B. C.; Lang, C. R. e Deiss, L. 2014. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Revista Ciência Agronômica** 5:1024–1031. <https://doi.10.1590/S1806-66902014000500018>

Nascimento K. S; Edvan, R. L.; Rodrigues, A. C. C.; Gomes, N. S.; Barbosa, R. S.; Martins, V. e Lacerda, J. J. 2021. Evaluation of forage potential of tropical grasses under different potassium application times. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 52:551–562. <https://10.1080/00103624.2020.1862158>

Oliveira, S. B.; Caione, G.; Camargo, M. F. e Oliveira, A. N. B. e Santana, L. 2012. Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de alta floresta - MT. **Global Science and Technology** 5:1–10. ISSN 1984 – 3801

Pezzopane, J. R. M.; Campos, B. A. C.; Azenha, M. V.; Oliveira, P. P. A.; Bosi, C.; Faria, P. A. e Esteves, S. N. 2020. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: Shading and management effects. **Scientia Agricola** 77:2-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0150>

Pinheiro, A. G.; Souza, L. S. B.; Jardim, A. M. R. F.; Araújo Júnior, G. D. N.; Alves, C. P.; Souza, C. A. A.; Leite, R. M. C. e Silva, T. G. F. 2021. Yield gap and cultivation strategies in improving forage production for the brazilian semi-arid region-review. **Revista Brasileira de Geografia Física** 14:2403–2426. <https://10.26848/rbgf.v14.4.p2403-2426>

Pinheiro, F. M. e Nair, P. K. R. 2018. Silvopasture in the caatinga biome of Brazil: A review of its ecology, management, and development opportunities. **Forest Systems** 27:1-16. <https://doi.org/10.5424/fs/2018271-12267>

Prado, R. M. 2020. **Nutrição de plantas**. 2ª ed. São Paulo, Unesp, 408p.

R Core Team. 2022. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

Sá Júnior, E. H.; Cruz, M. G.; Leite, M. L. M. V. e Lucena, L. R. R. 2018. Características agronômicas de capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com esterco suíno e submetido a duas alturas de corte. **Revista Ciência Agrícola** 16:1-9.
<https://doi.org/10.28998/rca.v16i1.3303>

Santos, F. D.; Aparecida, F. R.; Broetto, W. E. e Cabral Cruz, J. (2021). Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica** 25:272-278.
<https://17058/tecnolog.v25i2.15552>

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbrreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B. e Cunha, T. J. F. 2018. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed., Brasília, DF.

Taiz, L.; Zeiger, E. Moller, I. M.; Murphy, A. 2007. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.

Veneklaas, E. J.; Lambers, H.; Bragg, J.; Finnegan, P. M.; Lovelock, C. E.; Plaxton, W. C.; Price, C. A.; Scheible, W. R.; Shane, M. W.; White, P. J. e Raven, J. A. 2012. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist** 195:306-320.
<https://10.1111/j.1469-8137.2012.04190.x>

Viana, M. C. M., Freire, F. M., Ferreira, J. J., Macêdo, G. A. R., Cantarutti, R. B. e Mascarenhas, M. H. T. 2011. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capimbraquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:1497-1503.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700014>

Vilela, A. S.; Nóbrega, J. C. A.; Ribeiro, O. L.; Santos Neto, H. L.; Pereira, J. M. F. e Araújo, J. L. 2017. Produção de fitomassa aérea e radicular de *Urochloa mosambicensis* sob efeito de adubação potássica. p. 228. In: **Anais da 4ª Reunião Nordestina de Ciência do Solo: uso sustentável do solo e segurança alimentar no Nordeste brasileiro**. Embrapa Meio-Norte, Teresina.

Werner, J. C. Paulino, V. T; Cantarella, H.; Andrade, N. O. e Quaggio, J. A. 1996. Forrageiras. In: **Recomendação de adubação para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, p. 263-273. (**Boletim Técnico**, 100)

Wilson, J. R. 1996. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research** 47:1075–1093.
<https://doi.org/10.1071/AR9961075>

Zhang, J.; Jiao, X.; Du, Q.; Song, X.; Ding, J.; Li, J. 2021. Effects of Vapor Pressure Deficit and Potassium Supply on Root Morphology, Potassium Uptake, and Biomass Allocation of Tomato Seedlings. **Journal of Plant Growth Regulation** 40:509–518.
<https://doi.org/10.1007/s00344-020-10115-2>

9. CAPÍTULO II: COMPONENTES ESTRUTURAIS EM ACESSOS DE *Urochloa mosambicensis* SUBMETIDOS A CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE

RESUMO

O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), embora não possua cultivares registradas, é amplamente utilizado para formação de pastagens no Brasil, destacando-se por sua versatilidade, aceitabilidade pelos animais, baixa exigência em fertilidade do solo e resistência à seca. Este estudo visa avaliar as características estruturais e produtivas dos acessos de *Urochloa mosambicensis* manejados sob sombreamento artificial com 50% de transmitância e em pleno sol. O experimento foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE., em delineamento experimental inteiramente casualizado em parcelas sub subdivididas com medidas repetidas no tempo. As parcelas incluem nove acessos de *U. mosambicensis* e duas cultivares: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás e BRS Piatã, as subparcelas correspondem a duas condições ambientais (pleno sol e sombreamento artificial) e as sub subparcelas três ciclos de produção. Em cada ciclo, as plantas foram particionadas em folha (folha expandida e folha emergente), pseudocolmo (colmo + bainha), material morto, inflorescência e ao fim do terceiro ciclo, em raiz. As plantas foram analisadas quanto às características estruturais e produtivas, com foco nas variáveis Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFM, BLV, BCV, LF:C, DPP, %Perfrep e BRaiz. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott-Knott para comparação de médias, em seguida foram submetidos a ACP e agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA. O sombreamento Alt, NFV, CFinlam, BFT, BLV e BCV, refletindo a plasticidade fenotípica em resposta à redução da luminosidade. Os acessos UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-11 (2) mostraram características agronômicas indesejáveis para produção de forragem, enquanto UmCO-2 (2), UmCO-8 (1) e UmCO-14 se destacaram pelo potencial em sistemas de pasto em monocultivo sob sol pleno e em sistemas de Integração Pecuária-Floresta com 50% de luminosidade.

Palavras-chave: Densidade populacional de perfilhos, sombreamento, massa de forragem, produção de forragem.

ABSTRACT

Liverseed grass (*Urochloa mosambicensis*), although lacking registered cultivars, is widely used for pasture formation in Brazil due to its versatility, animal acceptability, low soil fertility requirements, and drought resistance. This study aims to evaluate the structural and productive characteristics of *Urochloa mosambicensis* accessions managed under artificial shading with 50% transmissivity and full sun. The experiment was conducted at Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE, using a completely randomized block design with split plots and repeated measures over time. The plots included nine accessions of *U. mosambicensis* and two cultivars: *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás and BRS Piatã. The subplots corresponded to two environmental conditions (full sun and artificial shading), and the sub-subplots to three production cycles. In each cycle, plants were divided into leaf (expanded leaf and emerging leaf), pseudostem (stem + sheath), dead material, inflorescence, and at the end of the third cycle, root. Plants were analyzed for structural and productive characteristics, focusing on variables such as Alt, NFV, CFinlam, BFT, BFM, BLV, BCV, LF:C, DPP, %Perfrep, and BRaiz. Data were subjected to analysis of variance and Scott-Knott test for mean comparison, followed by PCA and clustering using Euclidean distance and the UPGMA method. Shading affected Alt, NFV, CFinlam, BFT, BLV, and BCV, reflecting phenotypic plasticity in response to reduced light. The accessions UmCO-4 (1), UmCO-6 (2), and UmCO-11 (2) showed undesirable agronomic characteristics for forage production, while UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), and UmCO-14 stood out for their potential in full sun pasture systems and in Livestock-Forest Integration systems with 50% light. Keywords: Tiller population density, shading, forage mass, forage production.

Keywords: Tiller population density, shading, forage mass, forage production.

10. INTRODUÇÃO

O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy), embora ainda não apresente cultivares registradas, é comumente empregado para a formação de pastagem no Brasil. Nas condições edafoclimáticas do Semiárido, o capim-corrente se apresenta como uma alternativa para alimentação de ruminantes, devido à sua versatilidade de uso (pastejo ou produção de feno), aceitabilidade pelos animais, baixa exigência em fertilidade do solo e resistência a seca, sendo capaz de produzir em regiões cuja precipitação mínima varia entre 300 e 800 mm (Drumond et al., 2013; Sá Júnior et al., 2018; Cook et al., 2020).

Diante do seu potencial de uso para regiões Semiáridas, o *Urochloa mosambicensis* está em processo de melhoramento genético pelo programa desenvolvido pela Embrapa Caprinos e Ovinos. A variabilidade genética dentro de uma mesma população é um fator determinante para sua adaptação à diferentes condições ambientes, pois permite que diferentes acessos apresentem respostas variadas aos estresses ambientais, como redução de luz, o que influencia as características estruturais e produtivas da gramínea forrageira (Bueno et al., 2019; Santacruz et al., 2004).

O sombreamento é uma característica de sistemas silvipastoris, técnica de produção que associa árvores com gramíneas forrageiras em pastagens. Nesse sistema, as gramíneas são submetidas a reduções na incidência luminosa, devido ao sombreamento proporcionados pelos componentes arbustivo e arbóreo (Cruz et al., 2021). Essa redução de luminosidade ocorre tanto em quantidade (redução na densidade do fluxo de fótons) quanto em qualidade (alteração no espectro vermelho:vermelho distante), o que afeta a produção de forragem, as características morfofisiológicas e valor nutritivo (Lima et al., 2019). Devido à condição imposta pelo ambiente, é necessário que as espécies forrageiras utilizadas nesse sistema sejam tolerantes ao sombreamento.

As forrageiras tolerantes ao sombreamento apresentam mudanças morfofisiológicas que aumentam sua capacidade produtiva em ambientes sombreados, em comparação com forrageiras não tolerantes em condições análogas. Essa tolerância está relacionada à plasticidade fenotípica da espécie, que permite adaptações morfológicas e estruturais para melhorar a captação de luz, tais como o aumento da proporção entre a parte aérea e raiz, alongamento de colmos e de lâminas foliares, alteração do ângulo de inclinação das folhas, redução da densidade populacional de perfilhos e alteração na relação lâmina foliar:colmo (Gobbi et al., 2009; Paciullo et al., 2017; Carvalho et al., 2022).

Avaliar os acessos de *Urochloa mosambicensis* sob condição de sombra é importante para identificar acessos que apresentem maior tolerância ao sombreamento, garantindo uma melhor

eficiência fotossintética e maior produção de biomassa em ambientes com menor disponibilidade de luz. Portanto, a hipótese consiste em que há alteração das características estruturais e produtivas dos acessos de *U. mosambicensis* quando cultivados sob luminosidade reduzida. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar as características estruturais e produtivas dos acessos de *U. mosambicensis* manejados sob ambiente sombreado e em pleno sol.

11. MATERIAL E MÉTODOS

11.1 Local, período experimental, características geográficas e climáticas

O experimento foi conduzido na Fazenda Três Lagoas, pertencente a Embrapa Caprinos e Ovinos situada em Sobral – CE, sob coordenadas geográficas de 3°45'00.77" latitude sul, longitude a oeste de Greenwich de 40°20'38.55" e altitude aproximada de 101 metros em relação ao nível do mar. O clima da cidade de Sobral, segundo classificação de Köppen - Geiger, é do tipo BSh, semiárido quente, com chuvas compreendidas no período verão-outono, precipitações e temperaturas médias de 912 mm e 28,5°C, respectivamente. As atividades experimentais abrangeram o período de julho de 2021 a dezembro de 2021. Os dados médios de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica acumulada no ano de 2021 encontram-se na Figura 24.

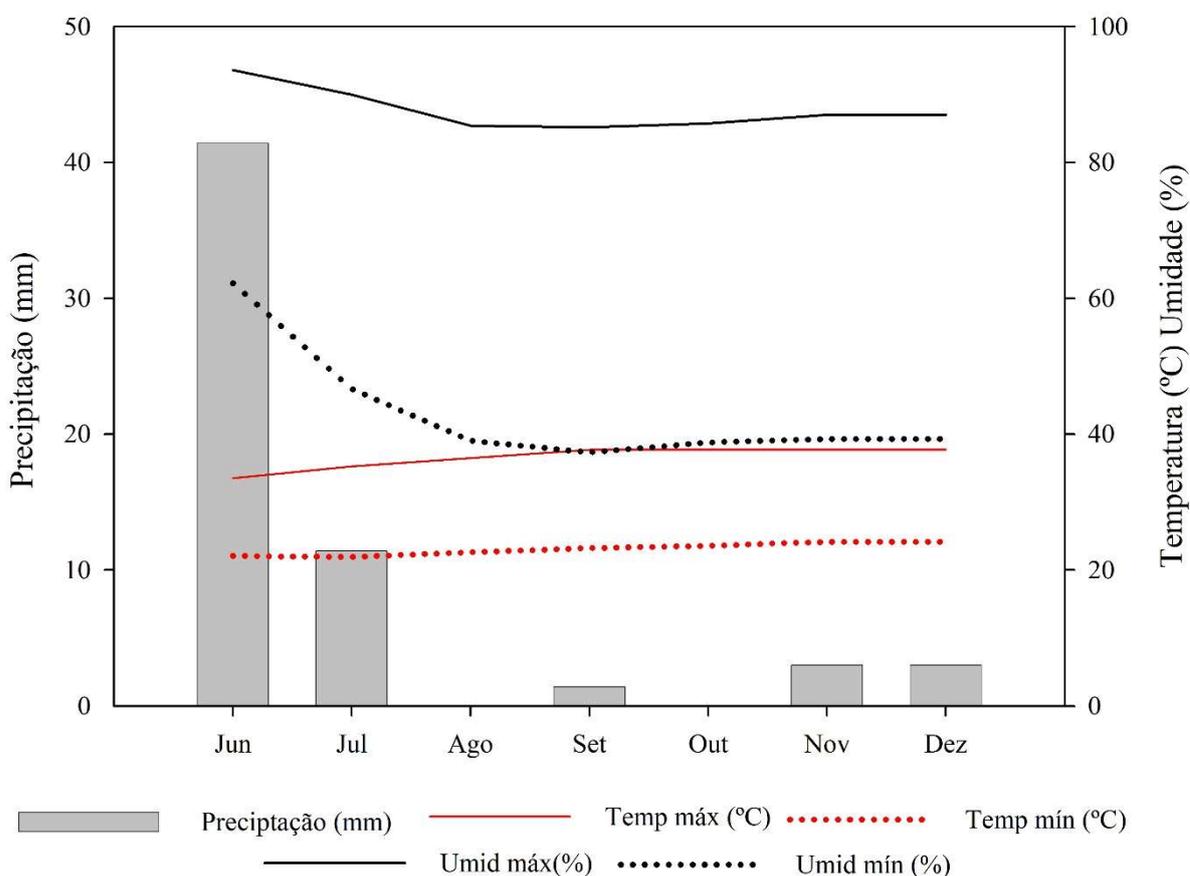


Figura 24. Precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima (%) durante o ano de 2021 da estação meteorológica da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará.

11.2 Coleta e caracterização do solo

O ensaio foi conduzido em vasos sob condições de campo. Utilizou-se como substrato a camada de 0-20 cm de um solo do tipo Luvisso Crômico (Santos et al., 2018) coletado no

município de Sobral – CE. As análises química e granulométrica do solo encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 do solo Luvissole Crômico.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	Al	S	Na
H ₂ O	g.dm ⁻³	-----mg.dm ⁻³ ---				-----cmolc.dm ⁻³ -----		-----mg.dm ⁻³ -----	
5,5	9,0	2,0	62	1,7	0,8	1,8	0,1	2,0	3,7
C.E			V			SB	CTC(t)		CTC(T)
dS m ⁻¹			%			-----cmolc.dm ⁻³ -----			
0,02			59,79			2,68	2,78		4,48
Argila			Silte			Areia total	Areia grossa		Areia fina
						-----g.kg ⁻¹ -----			
141			9			850	500		350

pH – potencial hidrogeniônico; M.O. – matéria orgânica; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; H + Al – acidez potencial; Al – alumínio; S – enxofre; Na – Sódio; C.E – condutividade elétrica; V – saturação por bases; SB – soma de bases; CTC (t) – capacidade de troca de cátions efetiva; CTC (T) – capacidade de troca de cátions a pH 7.

Como procedimento de coleta, foi realizada a limpeza superficial da área para retirada da serrapilheira e coleta do solo. Logo em seguida, o solo passou por destorroamento e peneiramento para eliminação de partes grosseiras e materiais estranhos.

11.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas sub subdivididas com medidas repetidas no tempo. As parcelas consistiram em onze genótipos de *Urochloa* com quatro repetições (vasos), sendo nove acessos de *Urochloa mosambicensis* e duas cultivares de *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás e *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã, designados como testemunhas. Os acessos de *Urochloa mosambicensis* denominados com UmCO são oriundos do banco de germoplasma da Embrapa Gado de Corte e os acessos UspCO são comercializados no mercado, ainda informalmente. As subparcelas representaram duas condições ambientais (pleno sol e sombreamento artificial com 50% de transmitância) e as sub subparcelas três ciclos de cultivo.

11.4 Plantio e adubação

As unidades experimentais foram constituídas de vasos com capacidade para 10 litros e foram preenchidos com 8,0 dm³ de solo, sendo alocados em oito bancadas de metal com dimensões de 3 m x 1 m, a 0,8 metros acima do nível do solo (Figura 25). As bancadas de metal foram posicionadas no sentido leste-oeste, maximizando o período de incidência direta de luz, uma vez que essa direção proporciona o maior número de horas com luz solar direta. Os vasos

foram alocados nas mesas, considerando distância de 40 cm entre si, visando evitar a sobreposição das folhas entre as unidades experimentais.

A partir dos resultados da análise de solo procederam-se as correções de acordo com o Alvarez et al. (1999). A prática da calagem não foi necessária tendo em conta a saturação por bases de 59,79%, atendendo as exigências das gramíneas. O solo foi corrigido para P ($70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou $35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) e K ($20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), utilizando como fontes desses nutrientes superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O), respectivamente. Convertendo os valores para o volume do solo de $8,0 \text{ dm}^3$, utilizou-se 280 mg de P_2O_5 e 86,3 mg de K_2O por vaso em única aplicação.

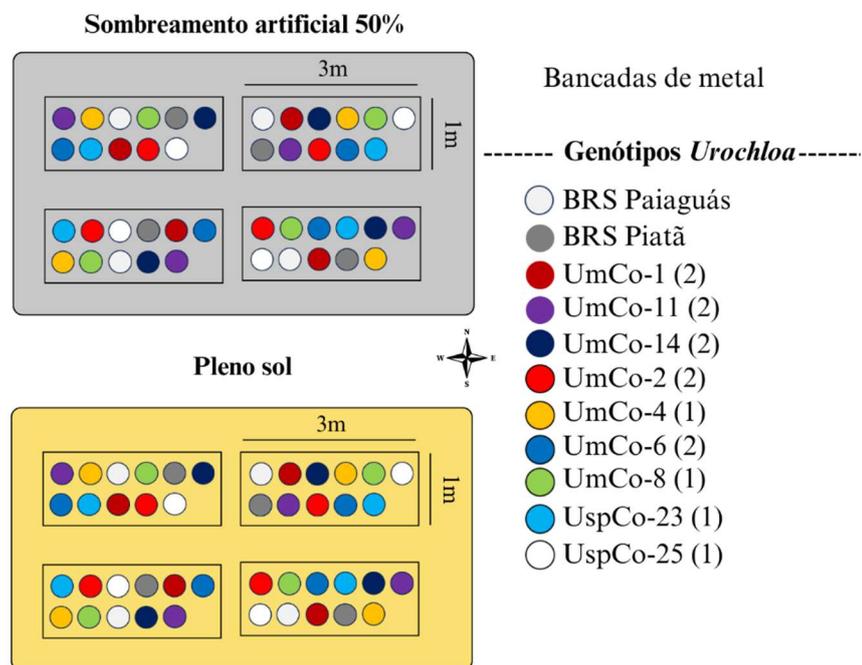


Figura 25. Croqui do experimento.

A semeadura foi realizada utilizando-se em média trinta sementes por vaso, sendo efetuado o pré-desbaste oito dias após a emergência, permanecendo doze plantas por vaso, que foram reduzidas para três após o desbaste final, executado vinte dias após a emergência. A aplicação de adubo nitrogenado foi realizada dez dias após a emergência das plântulas, tendo como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N). O adubo foi aplicado via água de irrigação para evitar perdas por volatilização. Foi utilizada uma dose equivalente a $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ciclo ou $12,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ de solo, perfazendo uma aplicação de 107,9 miligramas de ureia para o volume de solo de $8,0 \text{ dm}^3$.

11.5 Irrigação

A lâmina de irrigação utilizada segue como parâmetro a evaporação coletada do Tanque Classe 'A' (Medeiros et al, 2013) para estimativa da evapotranspiração de referência (Eto). O Tanque Classe 'A' é pertencente à Embrapa Caprinos e Ovinos, a 200 m do local experimental. O cálculo da lâmina de irrigação utilizada no período experimental (100% da evapotranspiração de referência, Eto) foi composto pelo produto da equação: evaporação do tanque (milímetros por dia) * K_p do tanque (0,85) * área do vaso (0,057591 m²). A coleta dos dados de evaporação foi realizada diariamente por volta de 08h30. A lâmina de água média aplicada durante a execução da pesquisa foi de 6,70 mm.dia⁻¹.

11.6 Período de estabelecimento e corte de uniformização

Após 52 dias de estabelecimento, procedeu-se o corte das gramíneas a 12 cm de altura, levando em consideração a estabilização do número de folhas vivas por perfilho do genótipo mais tardio. Após o corte de uniformização, as gramíneas receberam adubação nitrogenada de cobertura em duas frações (a primeira com três dias após o corte e a segunda 15 dias após o corte) e foram mantidas em dois ambientes: pleno sol e sombreamento artificial.

Para a construção da cobertura sombreada, as estruturas foram confeccionadas com estacas de bambu (Figura 26)



Figura 26. Estrutura de bambu para instalação do sombrite de polipropileno com 50% de transmissão luminosa.

11.7 Avaliação das características estruturais dos genótipos

As características estruturais foram avaliadas a cada 30 dias. Ao final do período de produção, foram avaliadas a altura da planta (Alt) e o número de folhas vivas por perfilho (NFV), com utilização, na primeira, de uma régua graduada, para amostragem de sete pontos por vaso, e na segunda contou-se o número de folhas expandidas, de modo que fossem consideradas aquelas em que a lígula se encontrava exposta, e quando a lígula ainda não estava exposta, contou-se como 0,5 folha, com amostragem de 9 perfilhos no vaso.

Ao término de cada ciclo, obedecendo ao período de descanso adotado para a forrageira para as rebrotações, todas as plantas de cada unidade experimental foram colhidas e levadas ao laboratório para separação dos componentes: folha expandida, folha emergente, pseudocolmo (colmo + bainha), material morto e inflorescência. Após a separação dos componentes da planta, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 60°C até peso constante, para posterior estimativa das produções de biomassa de forragem total (BFT, $\text{g}\cdot\text{vaso}^{-1}$), de biomassa de lâmina foliar verde (BLV, $\text{g}\cdot\text{vaso}^{-1}$), de biomassa de colmo verde (BCV, $\text{g}\cdot\text{vaso}^{-1}$), de biomassa de forragem morta (BFM, $\text{g}\cdot\text{vaso}^{-1}$) e da relação lâmina foliar:colmo (LF:C).

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi contabilizada em cada vaso, a cada intervalo de avaliação e, contabilizado também, o número de perfilhos reprodutivos, para a obtenção do percentual de perfilhos reprodutivos dos acessos avaliados. Também foi calculado o comprimento final da lâmina foliar (CFinLam) através do quociente entre a taxa de alongamento foliar e de aparecimento foliar.

Ao término do terceiro ciclo as raízes foram retiradas dos vasos, lavadas com água sob pressão em peneiras e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da Embrapa Caprinos e Ovinos, para pré-secagem a 60°C até peso constante, de modo a se calcular a biomassa da raiz (BRaiz, $\text{g}\cdot\text{vaso}^{-1}$).

11.8 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott-Knott para comparação de médias. Foram aplicados os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk para avaliar as pressuposições de homoscedasticidade de variâncias dos tratamentos e normalidade dos resíduos, respectivamente. Na ausência destes pressupostos, os dados foram transformados pelo Método Potência Ótima de Box-Cox. Essa transformação depende diretamente de um parâmetro λ que é o coeficiente de transformação dos dados. Para um conjunto de dados obtém-se um intervalo de confiança para λ que, caso inclua o valor um, indica que a transformação dos dados não é necessária (Box; Cox, 1964).

Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de Componentes Principais (ACP) (Jolliffe, 1986) e agrupamento utilizando a distância euclidiana e o método de UPGMA (*Unweighted Pair-Group Average*). A análise dos resultados na ACP se baseou na representação gráfica (Biplot) relativa aos eixos dos componentes, considerando o parâmetro Cos^2 , indicador da Qualidade de representação, e simultaneamente as contribuições (%) que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável (Abid; Williams, 2010). As análises foram realizadas com auxílio do Software R de computação estatística (R Core

Team, 2022) utilizando-se os pacotes “FactoMineR” (Lê; Josse e Husson, 2008) e “factoextra” (Kassambara; Mundt, 2020).

12. RESULTADOS

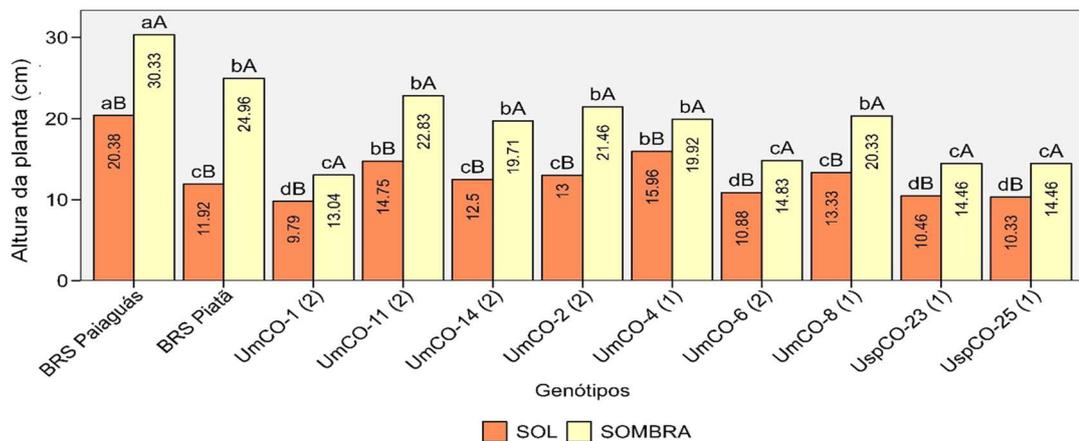
Na Tabela 7 são apresentados o resumo da análise de variância para os componentes estruturais de acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã. Para a variável altura de planta houve interação ($p < 0,05$) genótipo x ambiente, genótipo x ciclo e ambiente ciclo. Para a variável número de folhas os fatores genótipos e ambiente foram significativos ($p < 0,05$). Para as variáveis comprimento final de lâmina foliar, biomassa de forragem verde, biomassa de lâmina foliar verde e biomassa de colmo verde houve interação ($p < 0,05$) genótipo x ambiente x ciclo. Quanto as variáveis biomassa de forragem total e biomassa de forragem morta houve interação ($p < 0,05$) genótipo x ciclo e ambiente x ciclo. Nas variáveis relação lâmina foliar:colmo observou-se interação de ciclo e genótipo x ambiente. Para a variável densidade populacional de perfilhos e porcentagem de perfilhos reprodutivos houve interação de ambiente e de genótipo x ciclo. Para a variável biomassa de raiz os fatores genótipo e ambiente foram significativos ($p < 0,5$) (Tabela 7).

Tabela 7. Médias gerais e significância da análise de variância dos efeitos isolados de genótipo, ambiente, ciclo e interação genótipo x ambiente, genótipo x ciclo, ambiente x ciclo e genótipo x ambiente x ciclo sobre os componentes estruturais dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade.

GENÓTIPO	Alt	NFV	CFinLam	BFT	BFM	BFV	BLV	BCV	LF:C	DPP	Perfrep	BRAiz
	cm	folhas vivas.perf ¹	cm	-----gMS.vaso ⁻¹ -----						perf.vaso ⁻¹	%	gMS.vaso ⁻¹
BRS Paiaguás	25,35	4,76 a	14,75 a	7,33	0,21	7,11 a	5,49 b	1,56 b	15,1	43,00	3,30	63,05 a
BRS Piatã	18,44	4,26 b	10,47 c	6,24	0,15	6,09 b	5,89 a	0,20 f	39,8	33,08	0,00	55,97 a
UmCO-1 (2)	11,42	4,92 a	9,36 e	6,46	0,72	5,74 c	3,45 c	2,29 a	2,5	49,63	0,77	45,50 a
UmCO-11 (2)	18,79	3,90 c	9,22 e	5,36	1,01	4,35 e	2,26 g	2,09 a	1,33	51,63	17,75	26,39 b
UmCO-14 (2)	16,1	4,92 a	10,72 c	5,03	0,56	4,47 e	3,42 c	1,05 e	6,8	51,25	2,07	73,43 a
UmCO-2 (2)	17,23	4,31 b	8,59 f	4,86	0,61	4,24 e	3,05 e	1,19 d	5,55	54,83	0,00	52,17 a
UmCO-4 (1)	17,94	3,79 c	9,26 e	3,93	0,73	3,20 g	1,27 i	1,94 a	0,76	42,79	22,77	23,26 b
UmCO-6 (2)	12,85	3,98 c	8,06 g	5,04	0,98	4,06 f	1,77 h	2,29 a	0,95	43,96	24,69	33,74 b
UmCO-8 (1)	16,83	4,96 a	12,63 b	5,27	0,66	4,60 d	3,16 d	1,44 c	4,44	44,42	3,29	56,79 a
UspCO-23 (1)	12,46	4,63 a	9,72 d	6,59	0,92	5,67 c	3,46 c	2,21 a	3,63	54,04	2,27	46,57 a
UspCO-25 (1)	12,4	4,68 a	8,64 f	4,89	0,73	4,16 e	2,65 f	1,50 c	2,45	54,46	0,16	52,56 a
Teste F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
AMBIENTE												
SOL	13,03	4,36 b	8,04	4,49	0,67	3,8	2,55	1,27	8,62	50,15 a	8,15 a	64,64 a
SOMBRA	19,67	4,57 a	12,21	6,6	0,66	5,9	3,97	1,96	6,53	44,95 b	5,86 b	31,61 b
Teste F	**	*	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**
CICLO												
C1	17,01	4,53	9,73	7,83	1,15	6,7	3,89	2,77	5,21 c	43,86	10,26	-
C2	15,88	4,39	10,25	5,1	0,57	5,8	3,33	1,2	8,19 b	48,51	5,16	-
C3	16,14	4,47	10,41	3,7	0,27	4,8	2,56	0,87	9,32 a	50,28	5,6	-
Teste F	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	-
GEN*AMB	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
GEN*CIC	**	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	*	**	-
AMB*CIC	**	ns	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	-
GEN*AMB*CIC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
CV% (GEN)	7,08	21,78	10,43	12,1	25,5	17	23,9	19	19,5	8,84	6,81	10,74
CV% (AMB)	8,41	16,81	11,22	13,7	30,2	21	30,3	19,7	12,9	7,59	7,29	13,24
CV% (CIC)	5,81	17,79	9,72	7,6	24,1	11	13,6	16,9	15	3,69	6,71	-
Box-cox (λ)	0	1	0	0,25	0,35	0,3	0,5	0,25	0,17	0	0,1	0

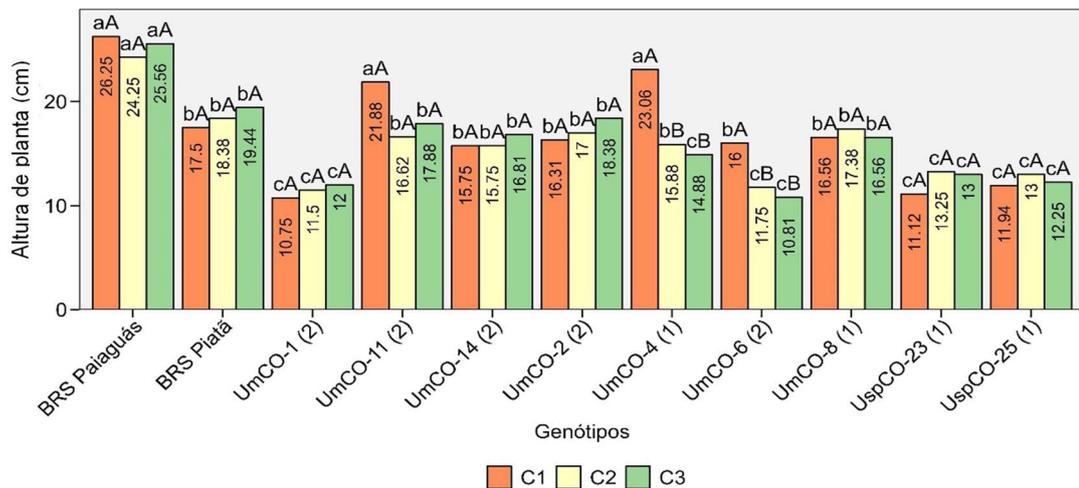
Nota: ns – Não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade; * - Significativo a 5% de probabilidade. Altura de planta (Alt); Número de folhas (NFol); Comprimento final da Lâmina (CFimLam); Biomassa de forragem total (BFT); Biomassa de forragem morta (BFM); Biomassa de forragem verde (BFV); Biomassa de lâmina verde (BLV); Biomassa de colmo verde (BCV); Relação lâmina foliar:colmo (LF:C); Densidade populacional de perfilhos (DPP); Porcentagem de perfilhos reprodutivos (Perfrep); Biomassa de Raiz (BM_Raiz). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (p<0,05); Box-cox (λ): valores atualizados para a transformação dos dados.

Observou-se interação significativa entre genótipo e ambiente para a variável altura de planta (Alt) ($p < 0,05$). Os acessos de *Urochloa mosambicensis* apresentaram maiores valores de altura de planta no ambiente com sombreamento (50% de luz) em comparação ao ambiente a pleno sol, mesmo comportamento foi observado nas cultivares testemunhas BRS Paiaguás e BRS Piatã, sem diferenças significativas entre esses grupos (Figura 27). Entre os genótipos avaliados, a cultivar BRS Paiaguás obteve os maiores valores médios de altura de planta em ambos os ambientes, diferindo significativamente dos demais genótipos (Figura 27).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ambiente e maiúsculas comparam os ambientes em cada genótipo. Figura 27. Altura da planta dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã submetidos a duas condições de luminosidade, onde o eixo y representa à média da altura do dossel para cada genótipo.

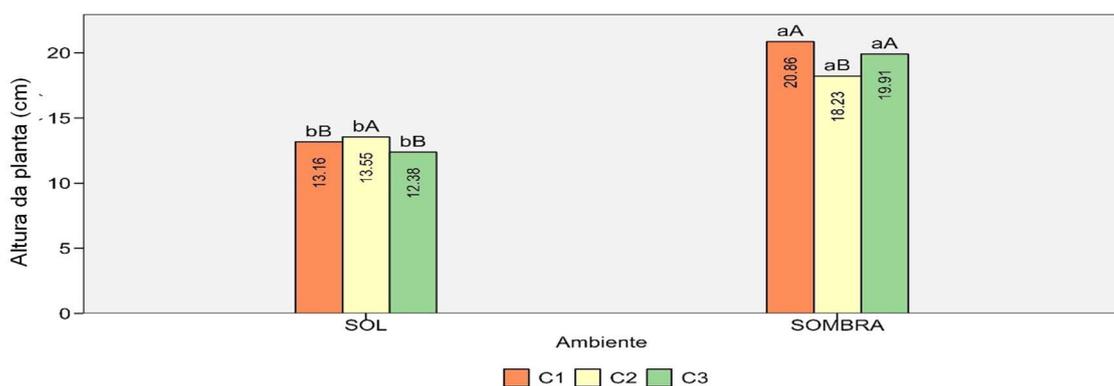
O desdobramento da interação significativa entre genótipo e ciclo de produção para altura de planta ($p < 0,01$) revelou que os acessos UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2) apresentaram valores médios estatisticamente superiores no ciclo 1 em relação ao ciclo 3. Para os demais acessos de *Urochloa mosambicensis*, não houve diferença significativa na altura de planta ao longo dos ciclos de produção ($p > 0,01$) (Figura 28).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas compraram os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 28. Altura da planta dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da altura da planta para cada genótipo.

A interação significativa entre ambiente e ciclo de produção para altura de planta ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados sob sombreamento apresentaram valores médios estatisticamente superiores em comparação ao pleno sol em todos os ciclos avaliados. No ambiente de pleno sol, observou-se um aumento significativo na altura de planta no ciclo 2, seguido por uma redução no ciclo 3. Já no ambiente sombreado, houve uma redução significativa no ciclo 2 ($p < 0,01$), seguida por um incremento estatístico no ciclo 3 (Figura 29).

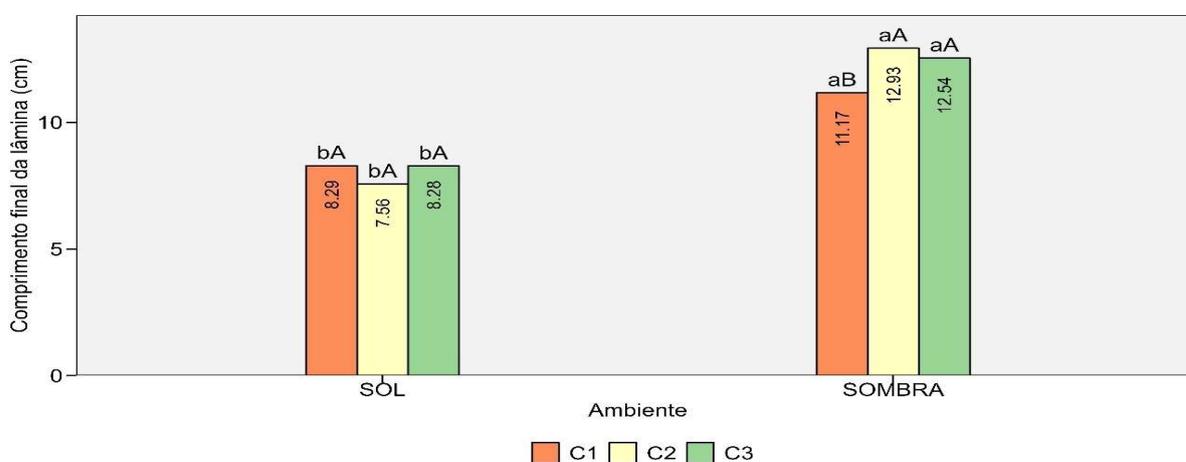


Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas compraram os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 29. Altura da planta dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da altura da planta para cada ambiente.

Para a variável número de folhas vivas por perfilho (NFV), observou-se efeito significativo para os fatores genótipo ($p < 0,01$) e ambiente ($p < 0,05$) (Tabela 7). A cultivar BRS Paiaguás e os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) apresentaram valores médios estatisticamente superiores para o número de folhas vivas por perfilho. Além disso, o ambiente sombreado resultou em um número significativamente maior de folhas vivas por perfilho em comparação ao pleno sol (Tabela 7).

Para o comprimento final da lâmina foliar (CFinLam), a interação significativa entre ambiente e ciclo de produção ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados sob sombreamento apresentaram valores médios superiores em todos os ciclos avaliados. No ambiente de pleno sol, não foram observadas diferenças significativas no CFinLam ao longo dos ciclos de produção ($p > 0,05$). Por outro lado, no ambiente sombreado, houve um aumento significativo no CFinLam nos ciclos 2 e 3 em comparação ao ciclo 1 (Figura 30). Adicionalmente, foi observado efeito significativo do fator genótipo para CFinLam ($p < 0,01$) (Tabela 7), com a cultivar BRS Paiaguás apresentando o maior valor de CFinLam quando comparada aos demais genótipos avaliados.

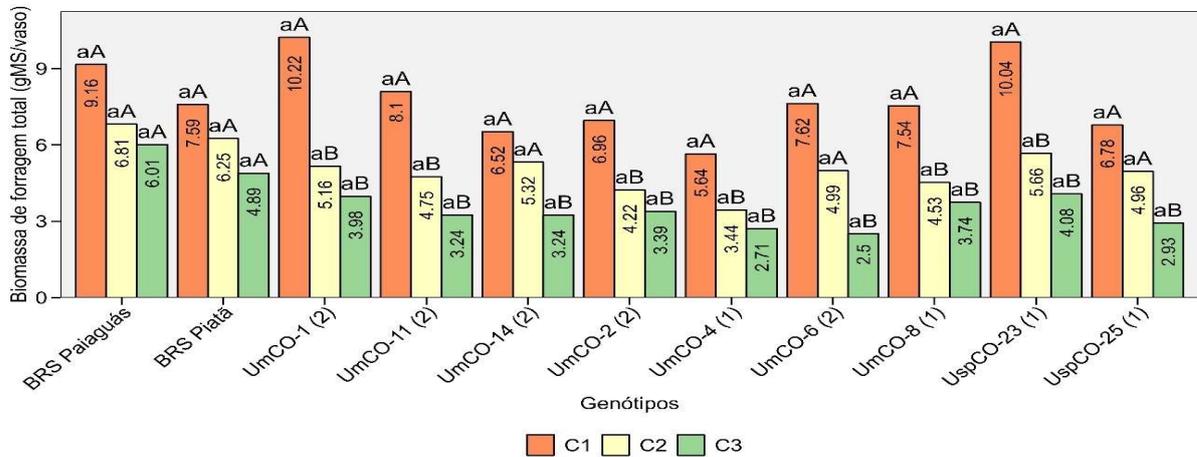


Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 30. Comprimento final da lâmina foliar dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média do comprimento da lâmina foliar para cada ambiente.

Para a produção de biomassa total (BFT), a interação significativa entre genótipo e ciclo de produção ($p < 0,05$) indicou uma redução na BFT no ciclo 3 em comparação ao ciclo 1 em todos os acessos de *Urochloa mosambicensis*. As cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã não apresentaram diferenças significativas entre os ciclos ($p > 0,05$). Para todos os ciclos avaliados,

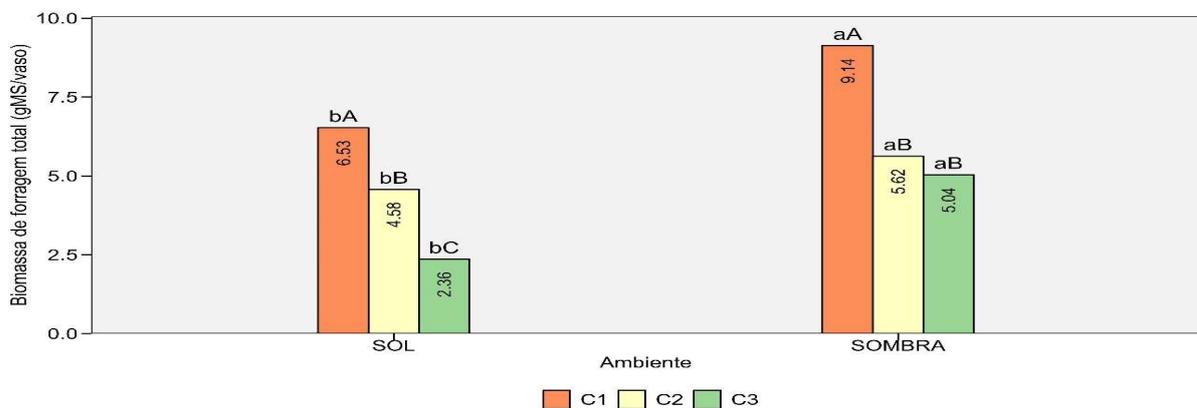
a BFT dos acessos de *Urochloa mosambicensis* não diferiu estatisticamente das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã (Figura 31).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 31. Biomassa de forragem total dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem total para cada genótipo.

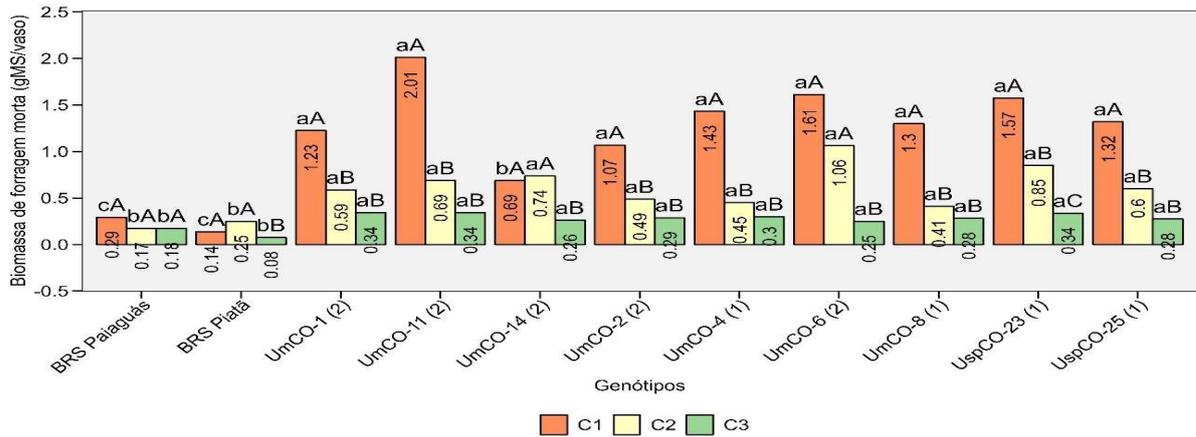
A interação significativa entre ambiente e ciclo de produção para a biomassa total (BFT) ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados sob sombreamento apresentaram valores de BFT estatisticamente maiores em todos os ciclos avaliados. Ao longo dos ciclos, observou-se uma redução significativa na BFT no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 em ambos os ambientes ($p < 0,01$) (Figura 32).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 32. Biomassa de forragem total dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem total para cada ambiente.

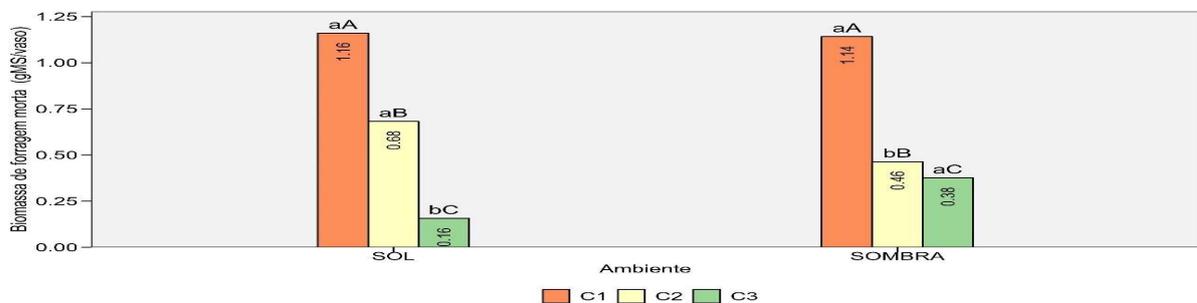
Para a biomassa de forragem morta (BFM), a interação significativa entre genótipo e ciclo de produção ($p < 0,01$) indicou uma redução na BFM no ciclo 3 em relação ao ciclo 1 em todos os acessos de *Urochloa mosambicensis* e na cultivar BRS Piatã. Adicionalmente, os valores de BFM das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã foram significativamente inferiores aos observados nos acessos de *Urochloa mosambicensis* em todos os ciclos avaliados (Figura 33).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 33. Biomassa de forragem morta dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem morta para cada genótipo.

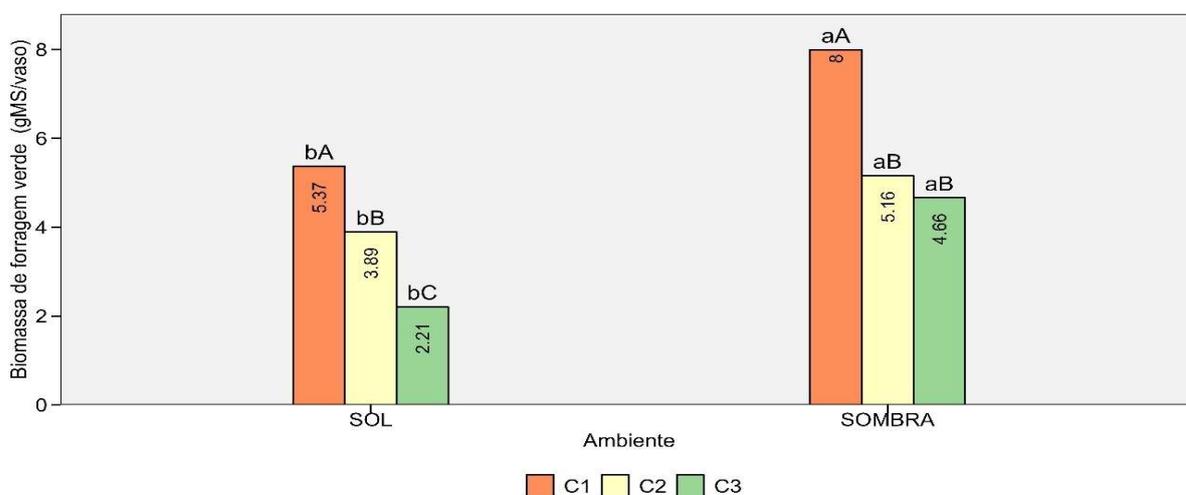
No desdobramento da interação significativa entre ambiente e ciclo de produção ($p < 0,01$), observou-se que, em ambos os ambientes, a biomassa de forragem morta (BFM) foi significativamente maior no ciclo 1, com uma redução progressiva ao longo dos ciclos subsequentes (Figura 34).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 34. Biomassa de forragem morta dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem morta para cada ambiente.

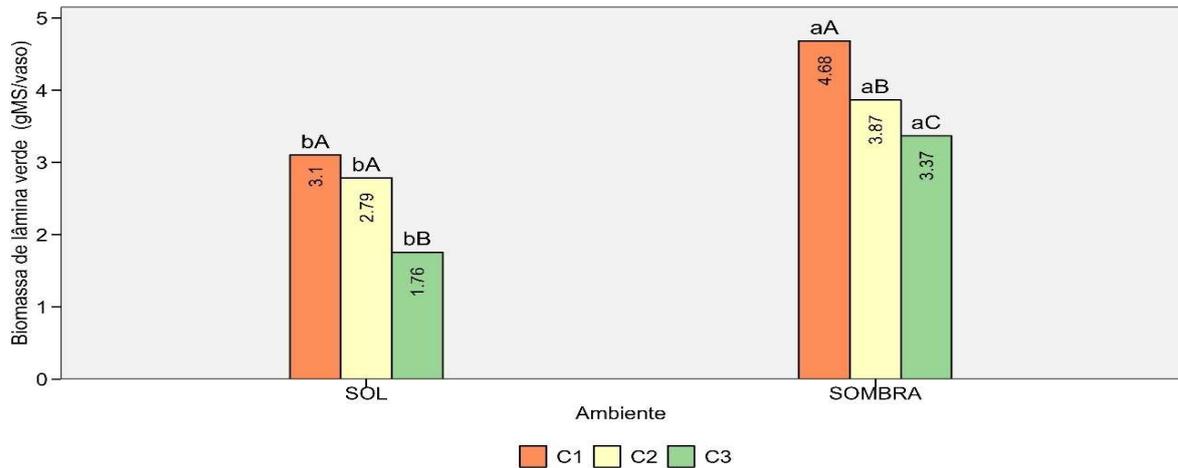
Para a biomassa de forragem verde (BFV), a interação significativa entre ambiente e ciclo de produção ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados sob sombreamento apresentaram valores de BFV significativamente maiores em todos os ciclos avaliados. Em ambos os ambientes, observou-se maior BFV no ciclo 1, com redução significativa no ciclo 3 (Figura 35). Além disso, foi verificado efeito significativo de genótipo ($p < 0,01$) para BFV (Tabela 7), sendo que a cultivar BRS Paiaguás apresentou valores de BFV estatisticamente superior aos dos demais acessos avaliados.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 35. Biomassa de forragem verde dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de forragem verde para cada ambiente.

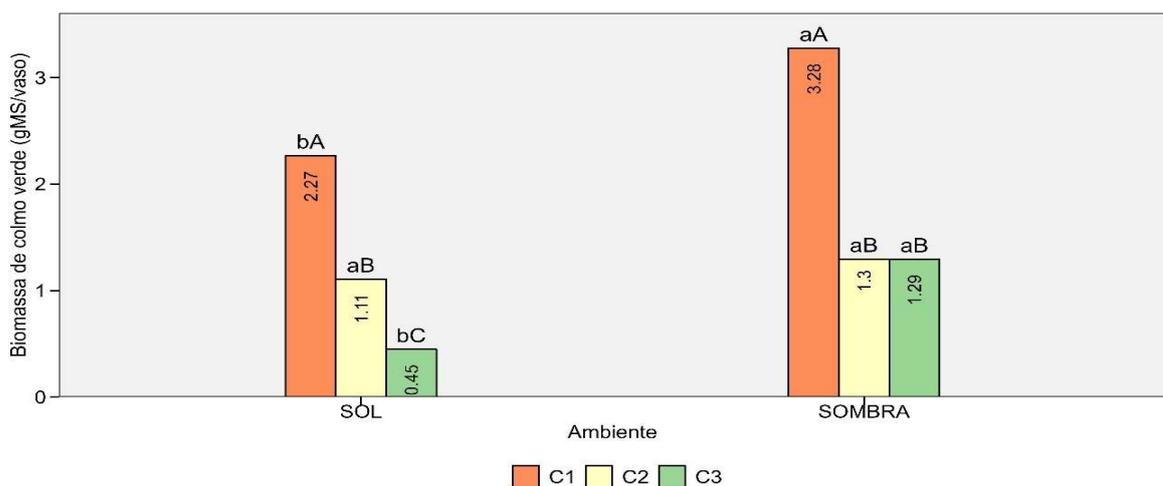
A interação significativa entre ambiente e ciclo de produção para a biomassa de lâmina foliar verde (BLV) ($p < 0,01$) indicou que os genótipos cultivados sob sombreamento apresentaram valores de BLV significativamente maiores em todos os ciclos avaliados. Nos dois ambientes, observou-se redução na BLV do ciclo 1 para o ciclo 3 (Figura 36). Também foi identificado um efeito significativo de genótipo ($p < 0,01$) sobre a BLV (Tabela 7), com a cultivar BRS Piatã apresentando os maiores valores de BLV em comparação aos demais acessos de *Urochloa mosambicensis*.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 36. Biomassa de lâmina verde dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de lâmina verde para cada ambiente.

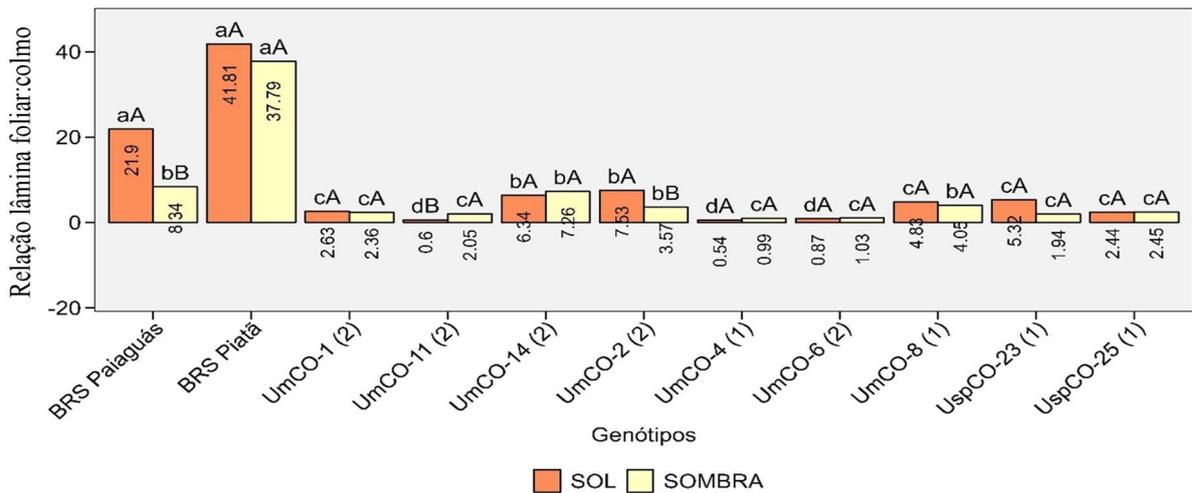
Para a biomassa de colmo verde (BCV), a interação significativa entre ambiente e ciclo de produção ($p < 0,01$) indicou que o sombreamento resultou em valores significativamente maiores de BCV. Em ambos os ambientes, observou-se redução na BCV do ciclo 1 para o ciclo 3 (Figura 37). Além disso, foi identificado um efeito significativo de genótipo ($p < 0,01$) sobre a BCV (Tabela 7). com os acessos UmCO-1 (2), UmCO-11 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UspCO-23 (1) apresentando os maiores valores de BCV.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os ambientes em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada ambiente.

Figura 37. Biomassa de colmo verde dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos de cultivo, onde o eixo y representa à média da biomassa de colmo verde para cada ambiente.

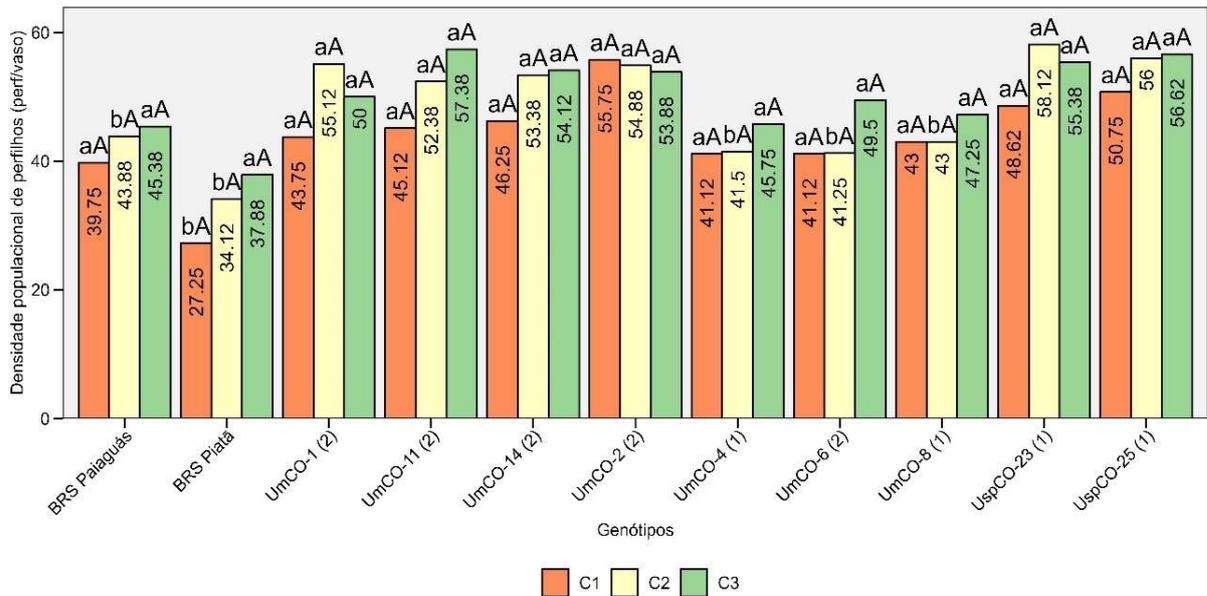
Para a relação lâmina foliar:colmo (LF:C), a interação significativa entre genótipo e ambiente ($p < 0,01$) indicou maior relação LF:C sob sombreamento em comparação ao pleno sol para o acesso UmCO-11 (2). O acesso UmCO-2 (2) apresentou redução significativa ($p < 0,01$) na relação LF:C no ambiente sombreado, efeito também observado na cultivar BRS Paiaguás (Figura 38). Além disso, verificou-se efeito significativo de ciclo ($p < 0,01$) sobre a relação LF:C (Tabela 7), com aumento progressivo dessa variável ao longo dos ciclos de produção.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ambiente e maiúsculas comparam os ambientes em cada genótipo.

Figura 38. Relação lâmina foliar:colmo dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ambientes de sol e sombra, onde o eixo y representa à média da relação lâmina foliar:colmo para cada ambiente.

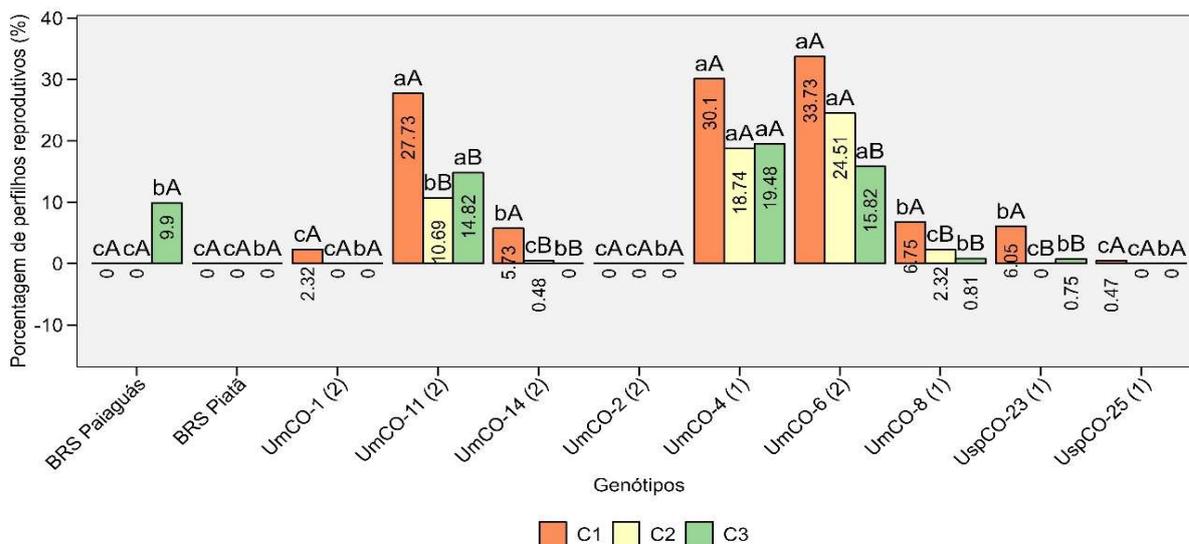
Para a densidade populacional de perfilhos (DPP), observou-se interação significativa entre genótipo e ciclo ($p < 0,05$). No ciclo 1, não foram detectadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na DPP entre os acessos de *Urochloa mosambicensis*, cujos valores foram estatisticamente iguais aos da cultivar BRS Paiaguás e superiores aos da cultivar BRS Piatã. No ciclo 2, os acessos UmCO-1 (2), UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) apresentaram os valores significativamente maiores de DPP. No ciclo 3, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na DPP entre os genótipos avaliados (Figura 39). Ao decorrer dos ciclos não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Para o fator ambiente, verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$), com maior DPP nos genótipos cultivados em pleno sol em comparação ao sombreamento (Tabela 7).



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 39. Densidade populacional de perfilhos dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos, onde o eixo y representa à média da densidade populacional de perfilhos para cada genótipo.

A porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) apresentou interação significativa entre genótipo e ciclo ($p < 0,01$), com maior frequência de perfilhos reprodutivos no ciclo 1 em comparação ao ciclo 3 nos acessos UmCO-11 (2), UmCO-14 (2), UmCO-6 (2), UmCO-8 (1) e UspCO-23 (1). Nos demais acessos e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, não houve variação significativa ($p > 0,05$) da %Perfrep entre os ciclos de produção (Figura 40). Além disso, verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) do fator ambiente (Tabela 7), com maior %Perfrep nos genótipos cultivados em pleno sol em comparação ao sombreamento.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam os genótipos em cada ciclo de produção e maiúsculas comparam os ciclos de produção em cada genótipo.

Figura 40. Porcentagem de perfis reprodutivos dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em resposta aos ciclos, onde o eixo y representa a média da porcentagem de perfis reprodutivos para cada genótipo.

Para biomassa de raiz (BRaiz), observou-se efeito significativo de genótipo ($p < 0,01$) e ambiente ($p < 0,01$) (Tabela 7). Os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) apresentaram valores de BRaiz estatisticamente superiores ($p < 0,05$) aos demais genótipos avaliados, não diferindo ($p > 0,05$) das cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã. Quanto ao efeito do ambiente, os genótipos cultivados em pleno sol apresentaram BRaiz significativamente maior ($p < 0,05$) em relação ao sombreamento.

Na análise de componentes principais, foram requeridos quatro componentes para explicar 86,05% da variabilidade observada nos tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8. Estimativa das variâncias (Autovalores) e porcentagem acumulada da variância total (%), obtidas pela análise de componentes principais considerando-se 66 tratamentos

Componentes Principais	Autovalores	% Acumulada
1	5,21	37,21
2	4,10	66,46
3	1,71	78,64
4	1,04	86,05

O primeiro componente principal explicou 37,21% da variabilidade total dos dados (Tabela 8) e apresentou correlação significativa com 10 das 14 variáveis analisadas (Tabela 9). As variáveis BFM, BCV, %Perfrep, %Col e %Infloresc exibiram correlação elevada e positiva, enquanto NFV, CFinLam, BLV, LF:C e %Fol apresentaram correlação elevada e negativa

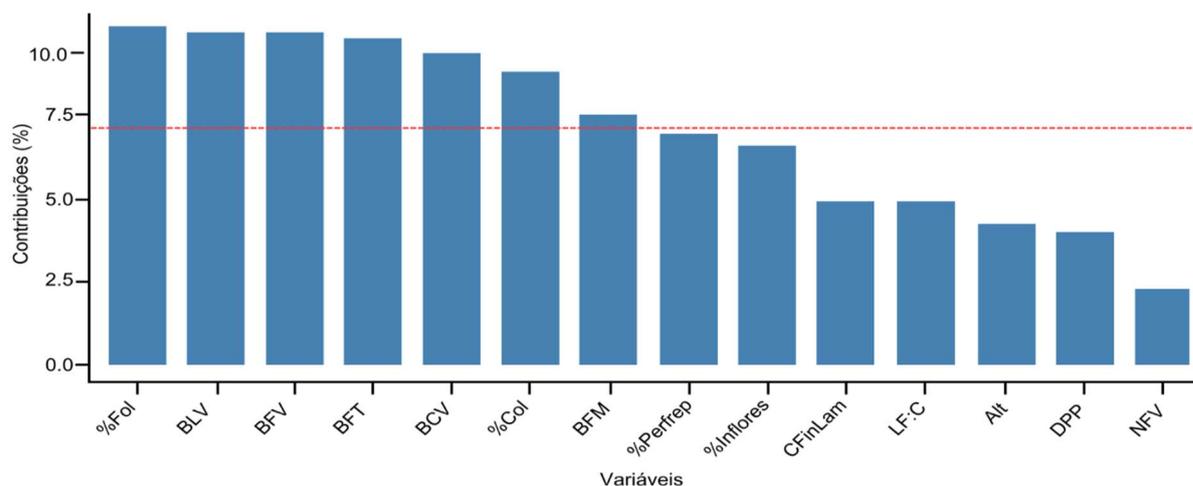
(Tabela 9). O segundo componente principal explicou 29,26% da variabilidade total dos dados (Tabela 8), sendo que as variáveis Alt, CFinLam, BFT, BFM, BFV, BLV e BCV demonstraram correlação elevada e positiva, enquanto DPP apresentou correlação elevada e negativa (Tabela 9).

Tabela 9. Correlação e qualidade de representação (Cos²) entre variáveis originais e componentes principais das variáveis avaliadas em 66 tratamentos

Variáveis	Correlação		Cos ²
	CP1	CP2	
Alt	-0,2634 ^{NS}	0,5726**	0,3973
NFV	-0,4017**	0,2405	0,2192
CFinLam	-0,4600**	0,4946**	0,4562
BFT	-0,0063 ^{NS}	0,9604**	0,9224
BFM	0,7056**	0,4449**	0,6958
BFV	-0,1775 ^{NS}	0,9485**	0,9312
BLV	-0,6618**	0,7067**	0,9374
BCV	0,5999**	0,7190**	0,8768
LF:C	-0,6743**	0,0266	0,4554
DPP	0,1398 ^{NS}	-0,5861**	0,3631
%Perfrep	0,8066**	0,0687	0,6553
%Fol	-0,9608**	-0,1606	0,9488
%Col	0,9006**	0,1233	0,8263
%Infloresc	0,7617**	0,1981	0,6194

Nota: ** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, ^{NS} Não significativo. CP: Componentes Principais. Altura da planta (Alt); Número de folhas vivas (NFV); Comprimento final da lâmina foliar (CFinLam); Biomassa de forragem total (BFT); Biomassa de forragem morta (BFM); Biomassa de forragem verde (BFV); Biomassa de lâmina foliar verde (BLV); Biomassa de colmo verde (BCV); Relação lâmina foliar:colmo (LF:C); Densidade populacional de perfilhos (DPP); Perfilhos reprodutivos (%Perfrep); proporção de folha (%Fol), de colmo (%Col) e de Inflorescência (%Infloresc).

A Figura 41 apresenta a contribuição percentual das variáveis estruturais. As variáveis com maior relevância foram aquelas que excederam o ponto de corte indicado pela linha pontilhada, correspondente à contribuição média esperada. Entre essas, destacaram-se BLV, BFV, BFT, BCV e BFM, as quais exibiram os maiores valores para o parâmetro de qualidade de representação (Cos²) e contribuição relativa (%) (Tabela 9).

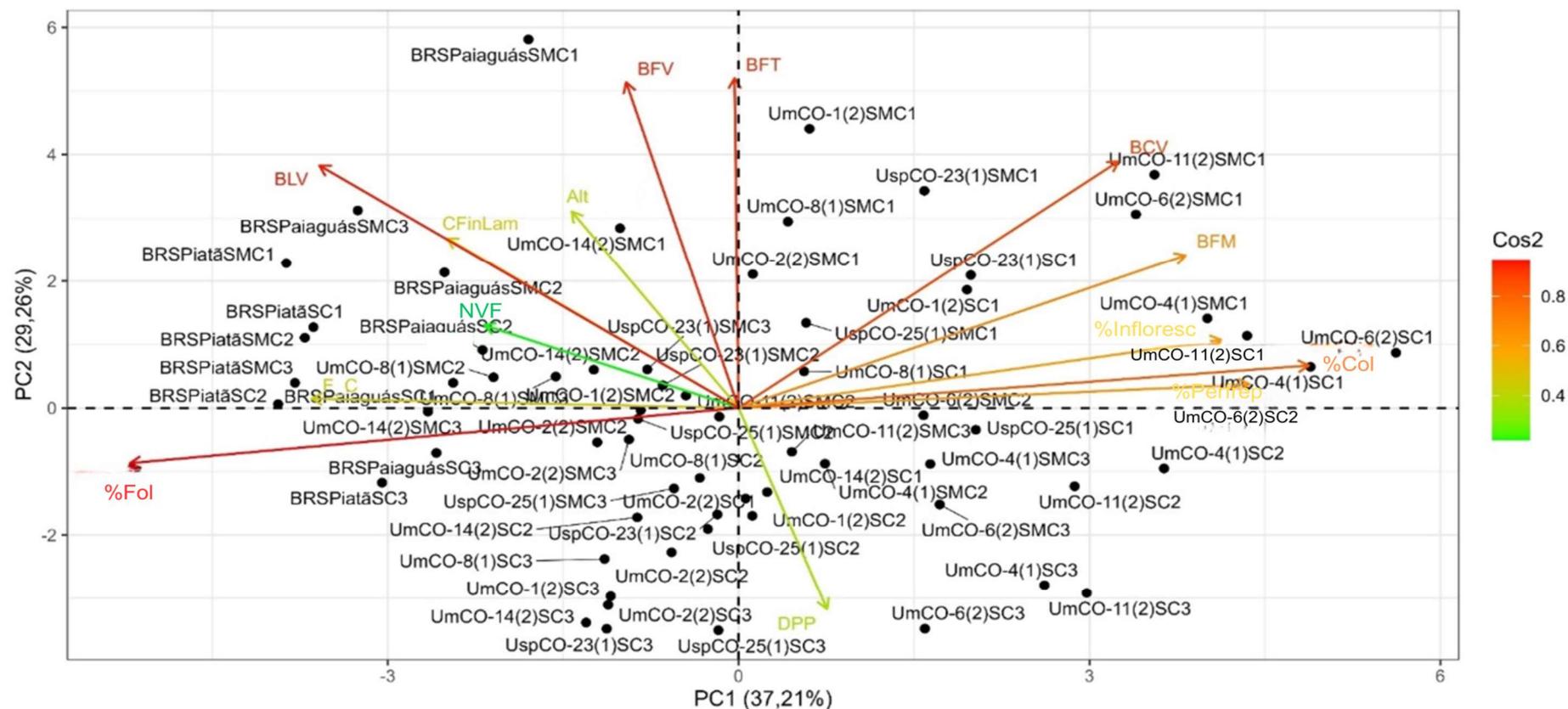


Nota: Altura da planta (Alt); Número de folhas vivas (NFV); Comprimento final da lâmina foliar (CFinLam); Biomassa de forragem total (BFT); Biomassa de forragem morta (BFM); Biomassa de forragem verde (BFV); Biomassa de lâmina foliar verde (BLV); Biomassa de colmo verde (BCV); Relação folha:colmo (LF:C); Densidade populacional de perfilhos (DPP); Proporção de perfilhos reprodutivos (%Perfrep); de folha (%Fol), de colmo (%Col) e de Inflorescência (%Infloresc).

Figura 41. Contribuição (%) das variáveis estruturais avaliadas.

Os elevados valores de Cos^2 no gráfico Biplot dos componentes principais (PC1 e PC2) para as variáveis estruturais avaliadas nos acessos (Figura 42) são representados por uma escala de cores do verde ao vermelho. Quanto mais intensa a coloração vermelha, maior a contribuição da variável para a variabilidade dos componentes principais, destacando-se BLV, BFV, BFT e BCV. A cultivar BRS Piatã apresentou correlação positiva com BLV, LF:C, NFV e Alt, enquanto exibiu correlação negativa com BCV, BFM e %Perfrep. Os acessos UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-11 (2) foram positivamente correlacionados com BCV, BFM e %Perfrep e negativamente correlacionados com BLV, LF:C, NFV e Alt.

No dendrograma (Figura 43) se observa três grupos. O grupo 1 (em destaque de vermelho) é formado pelos acessos que apresentaram maiores médias para as variáveis BFM, BCV e %Perfrep (Tabela 10), que se agrupam os acessos UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-11 (2), exceto o acesso UmCO-11 (2) em ambiente de sombra no ciclo 2. O grupo 2 (em destaque de verde) é formado pelos acessos que apresentaram maiores médias para as variáveis Alt, NFV, BLV e LF:C (Tabela 10). Nesse grupo, a cultivar BRS Piatã se destaca, todavia, a cultivar BRS Piatã apresentou os menores valores para as variáveis do grupo 1. O grupo 3 (em destaque de azul), é formado pelos acessos que apresentaram maiores médias para DPP (Tabela 10), que se agrupam os acessos UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), UmCO-14 (2) e BRS Paiaguás.



Nota: Componente principal um (PC1); Componente principal 2 (PC2). O genótipo seguido das abreviações: SC1 (Sol – ciclo 1); SC2 (Sol – ciclo 2); SC3 (Sol – ciclo); SMC1 (Sombra – ciclo 1); SMC2 (Sombra – ciclo 2); SMC3 (Sombra – ciclo 3), correspondem ao genótipo na condição de ambiente e ciclo de produção específico. Altura da planta (Alt); Número de folhas vivas (NFV); Comprimento final da lâmina foliar (CFinLam); Biomassa de forragem total (BFT); Biomassa de forragem morta (BFM); Biomassa de forragem verde (BFV); Biomassa de lâmina foliar verde (BLV); Biomassa de colmo verde (BCV); Relação lâmina foliar:colmo (LF:C); Densidade populacional de perfilhos (DPP); Perfilhos reprodutivos (%Perfrep); proporção de folha (%Fol), de colmo (%Col) e de Inflorescência (%Infloresc).

Figura 42. Gráfico Biplot dos componentes principais (PC1 e PC2) das variáveis estruturais avaliadas nos acessos de *Urochloa mosambicensis* e nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em pleno sol em três ciclos de produção.

Tabela 10. Média dos componentes estruturais dos grupos formados pelos genótipos de *Urochloa mosambicensis* em ambiente de sombra artificial (50% de transmitância) e em sol pleno em três ciclos de cultivo de acordo com o Dendrograma.

Grupos	Alt cm	NFV folha.perf.dia ⁻¹	CFinLam cm	BFT	BFM -----gMS.vaso ⁻¹ -----	BFV	BLV	BCV	LF:C	DPP perf.vaso ⁻¹	Perfrep %
G1	15,09	4,05	8,79	5,78	1,05	4,73	2,18	2,54	0,95	46,14	18,27
G2	18,79	4,27	10,95	5,92	0,15	5,77	5,59	0,19	38,77	34,79	2,83
G3	16,64	4,75	10,77	5,34	0,53	4,80	3,46	1,33	5,61	50,81	1,10

Nota: Grupo 1 (G1); Grupo 2 (G2); Grupo 3 (G3); Altura da planta (Alt); Número de folhas vivas (NFV); Comprimento final da lâmina foliar (CFinLam); Biomassa de forragem total (BFT); Biomassa de forragem morta (BFM); Biomassa de forragem verde (BFV); Biomassa de lâmina foliar verde (BLV); Biomassa de colmo verde (BCV); Relação lâmina foliar:colmo (LF:C); Densidade populacional de perfilhos (DPP) e Proporção de perfilhos reprodutivos (%Perfrep).

13. DISCUSSÃO

O sombreamento influenciou a altura de todos os genótipos avaliados. A redução da razão vermelho/vermelho distante sob condições de sombreamento desencadeia uma resposta fotomorfogênica caracterizada pelo alongamento celular com o objetivo de maximizar a captação de luz (Sugiyamas et al., 1985; Larcher, 2006). A cultivar BRS Paiaguás, ao apresentar maior altura em ambos os ambientes, demonstra maior plasticidade fenotípica, ou seja, maior capacidade de ajustar seu fenótipo em resposta às variações ambientais. No ambiente de pleno sol, a cultivar apresentou incremento em altura de 65,29% em relação à média dos acessos de *Urochloa mosambicensis* e, no ambiente de sombra, esse incremento foi de 69,54%. Tal achado sugere que esta cultivar possui um aparato fisiológico mais eficiente na transdução do sinal luminoso e na realocação de recursos para o crescimento em altura.

A redução em altura observada nos acessos UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2) ao decorrer dos ciclos, sugere alocação de fotoassimilados para crescimento reprodutivo em vez de crescimento vegetativo, já que esses acessos apresentaram as maiores porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) em cada ciclo produtivo (Tabela 7). O aumento de %Perfrep frequentemente está associado à menor alocação de recursos para o crescimento vegetativo, o que pode explicar a tendência de estabilização ou até redução na altura das plantas nos ciclos subsequentes. Essa dinâmica pode ser claramente observada no acesso UmCO-6 (2), que apresentou tanto uma maior altura no ciclo 1 quanto uma elevada %Perfrep nesse mesmo ciclo, com posterior queda nos dois parâmetros no ciclo 3 (Tabela 7).

No UmCO-4 (1) mesmo com a %Perfrep estabilizada ao longo dos ciclos, o acesso redirecionou os fotoassimilados para manutenção dos perfilhos reprodutivos já formados em vez de continuar investindo no alongamento de colmo. Essa estabilização da %Perfrep sugere que a planta mantém uma estratégia consistente de alocação para a reprodução, aumentando sua precocidade, mas essa consistência pode vir às custas do crescimento vegetativo, diminuindo a altura. Essa relação entre altura e %Perfrep evidencia a importância do balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo nas plantas. Acessos que direcionam mais recursos para a reprodução no início do ciclo podem comprometer o crescimento em altura, uma vez que os recursos necessários para a produção de biomassa aérea são redirecionados para a formação de perfilhos reprodutivos (McSteen, 2009).

Embora o número de folhas vivas por perfilho (NFV) seja considerado uma característica geneticamente determinada e pouco susceptível a fatores abióticos (Edvan et al., 2021), os resultados desse estudo indicam que o ambiente também exerce influência sobre essa variável. Durante o experimento, os vasos dos dois ambientes receberam a mesma lâmina de irrigação,

porém observou-se que as plantas cultivadas em ambiente de pleno sol, nos horários mais quentes apresentavam sintoma visual de enrolamento das folhas indicando estresse hídrico, enquanto, os vasos do ambiente de sombra mantinham-se úmidos por mais tempo, não sendo constatado esse comportamento nas plantas. O sombreamento, reduz a evapotranspiração e consequentemente o estresse hídrico, permitindo que as plantas mantenham maior número de folhas vivas. Ainda, em condição de sombra, a planta aloca recursos para aumentar a área foliar específica com o intuito de maximizar a captação de luz (Lacher, 2006).

Fulkerson e Slack (1995) destacam que o NFV é uma característica da espécie, sendo influenciado pela eficiência da planta em aproveitar fatores externos como nutrientes, água e temperatura. Assim, plantas que se beneficiam melhor dessas condições tendem a alcançar o número máximo de folhas vivas por perfilho mais rapidamente. A maior capacidade de manter folhas vivas observada nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-14(2), UmCO-8(1), UspCO-23(1) e UspCO-25(1) e na cultivar BRS Paiaguás sugere que esses genótipos possuem características genéticas que lhes permitem explorar melhor os recursos disponíveis no ambiente, como nutrientes e água, resultando em maiores taxas de aparecimento foliar e repercutindo no maior número de folhas vivas por perfilho.

O maior comprimento final da lâmina foliar (CFinLam) observado unicamente na cultivar BRS Paiaguás indica maior capacidade em alocar fotoassimilados para aumentar o comprimento foliar e consequentemente a área foliar, independente do ambiente. Tal característica pode impactar em maior eficiência fotossintética, pois o maior comprimento foliar maximiza a captação de luz (Anjos e Chaves, 2021), sugerindo maior qualidade nutricional da forrageira, haja vista à elevada relação lâmina foliar:colmo.

A redução na intensidade luminosa proporcionada pelo ambiente de sombra resultou em aumento de 54,10% no comprimento final da lâmina foliar (CFinLam), demonstrando a capacidade das plantas de ajustar seu fenótipo em resposta às condições ambientais. O maior teor de nitrogênio encontrado nas plantas cultivadas à sombra (Tabela 2, capítulo 1), também contribuiu para esse incremento, corroborando os resultados de Martuscello et al. (2006), que observaram aumento no comprimento foliar em capim-massai adubado com nitrogênio. O aumento tanto no comprimento foliar quanto no alongamento de colmos é uma estratégia adaptativa para maximizar a interceptação de luz e a produção de biomassa em condições de menor luminosidade (Cruz et al., 2021). Essa resposta dos genótipos ao sombreamento demonstra sua capacidade de ajustar sua morfologia para otimizar a fotossíntese e a produção de biomassa.

Todos os acessos de *Urochloa mosambicensis* apresentaram redução na produção de BFT ao longo dos ciclos. Essa diminuição está associada à queda nos níveis dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) ao longo dos ciclos (Tabela 2, capítulo 1). De acordo com a “lei de Liebig ou lei do minino” o nutriente em menor concentração limita o crescimento e rendimento das plantas (Malavolta, 1997). Desse modo, um desses nutrientes possivelmente limitou a produção BFT.

Por outro lado, a estabilidade da BFT nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã ao longo dos ciclos sugere maior capacidade de manter a produção de biomassa sob condições variáveis. Isso pode ser resultado de uma eficiência mais elevada na utilização dos nutrientes disponíveis no solo. Além disso, a similaridade na BFT entre os acessos de *Urochloa mosambicensis* e as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã em cada ciclo sugere que, apesar das diferenças nas respostas aos ciclos, os acessos têm um potencial produtivo comparável ao das cultivares comerciais, no entanto, é notório que o fator nutricional limitou a produção dos acessos ao decorrer dos ciclos em vista da redução dos nutrientes mencionados anteriormente, demonstrando que esses acessos são mais exigentes em manejo de adubação ao decorrer dos ciclos para manter a estabilidade na produção.

A maior biomassa de forragem total (BFT) no ambiente de sombra é resultado da maior biomassa de lâmina verde (BLV) e de colmo verde (BCV) observadas nesse ambiente (Tabela 7). Em condições de sombra, as plantas tendem a alongar os colmos e aumentar a área foliar como resposta à menor disponibilidade de luz. Esse processo, conhecido como estiolamento, é uma adaptação da planta para captar a luz de forma mais eficiente (Guenni et al., 2008; Lopes et al., 2017). Como resultado, tanto a biomassa de lâmina quanto a de colmo aumentam, contribuindo diretamente para a maior BFT. Além disso, ambientes sombreados geralmente apresentam condições microclimáticas mais favoráveis, como temperaturas mais amenas e menor evapotranspiração que pode reduzir o estresse hídrico e térmico das plantas, permitindo um crescimento mais vigoroso e consistente.

No entanto, a maior BFT em ambiente de sombra não era esperado, uma vez que, plantas com metabolismo C₄, como as gramíneas forrageiras tropicais, incluindo espécies de *Urochloa*, são altamente eficientes em condições de pleno sol, especialmente em ambientes quentes. Essas plantas possuem mecanismos de concentração de CO₂ que minimiza a fotorrespiração, assim, em ambiente de pleno sol, tendem a ter uma maior taxa fotossintética o que resulta em maior produção de biomassa (Braga et al., 2021). Os genótipos cultivados em ambiente de pleno sol, apresentaram enrolamento das folhas em horários mais quentes do dia apesar da irrigação ser realizada com base na evaporação do tanque Classe A em ambos os ambientes. Esse

comportamento é um mecanismo contra a perda de água pela planta em condição déficit hídrico (Taiz et al. 2016).

Conforme Abraham et al. (2014) o crescimento de forrageiras pode ser beneficiado pelo sombreamento em condições de restrição hídrica, devido à redução na evapotranspiração e aumento da umidade do solo. Segundo Larcher (2006), se nenhum outro fator ambiental, como a temperatura e a disponibilidade de água está limitando a fotossíntese, essa acompanha linearmente a disponibilidade de radiação até o ponto de saturação. Assim, plantas cultivadas em pleno sol, submetidas a estresse hídrico, podem ter sua capacidade fotossintética mais comprometida em comparação com plantas cultivadas à sombra. Isso ocorre porque o déficit hídrico induz a produção de ácido abscísico, hormônio que promove o fechamento dos estômatos, reduzindo as trocas gasosas e, conseqüentemente, a fotossíntese (Munemassa et al., 2015), o que justifica a redução da BFT em ambiente de sol.

A redução da biomassa de lâmina foliar verde (BLV) e da biomassa de colmo verde (BCV) em ambos os ambientes ao decorrer dos ciclos é resultado da redução nos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) ao longo do ciclo (Tabela 2, capítulo 1), ficando evidente a necessidade de adubação de reposição desses nutrientes, além da adubação nitrogenada. Entre genótipos, a superioridade da cultivar BRS Piatã em relação aos acessos de *Urochloa mosambicensis* para BLV demonstra o potencial genético da cultivar para produção de biomassa foliar, uma característica em que foi selecionada e melhorada geneticamente, enquanto, os acessos por serem menos desenvolvidos geneticamente podem priorizar durante o crescimento a produção de outras partes das plantas, tais como colmo resultando em menor relação lâmina foliar:colmo dos acessos (Tabela 7), o que impacta negativamente na qualidade da biomassa produzida.

A biomassa de colmo verde (BCV) apresentou maiores médias nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-11 (2), UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UspCO-23 (1). No entanto, o incremento na BCV dos acessos UmCO-11 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2) é resultado da precocidade de tais genótipos, com priorização para o alongamento dos colmos para a emissão da inflorescência, causando perdas de forragem através da elevação da produção de biomassa morta. Essa estratégia é evidenciada pelo maior percentual de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) nesses acessos (Tabela 7). Em contraste, os acessos UmCO-1 (2) e UspCO-23 (1) apresentaram menor %Perfrep, mas maior número de folhas vivas (NFV) e maior densidade populacional de perfilhos (DPP) (Tabela 7), podendo ser explicado pela maior taxa de fotossíntese foliar, devido o maior NFV, onde esses acessos priorizaram a produção de colmos, possivelmente evitando a sobreposição foliar e aumento o número de perfilhos por área, resultando em maior DPP.

Para biomassa de forragem morta (BFM) os resultados indicam que o intervalo de corte de 30 dias, embora adequado para as cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã, não otimiza a produção de forragem nos acessos de *Urochloa mosambicensis*. A maior quantidade de biomassa de forragem morta (BFM) nesses acessos sugere que a forragem permanece no campo por um período superior ao ideal, levando à senescência e a perdas de material forrageiro. A redução do intervalo de corte para um período inferior a 30 dias pode ser uma estratégia eficaz para minimizar essas perdas, uma vez que interrompe o ciclo de crescimento antes que as folhas iniciem o processo de senescência, favorecendo o acúmulo de biomassa. Contudo, é importante ressaltar que a redução da frequência de cortes deve ser acompanhada de uma gestão adequada da intensidade de corte, de modo a garantir um período de rebrota suficiente para a recuperação da planta, sem comprometer suas reservas orgânicas. A interceptação de 95% da RFA é um ponto de referência para otimizar o acúmulo de forragem, especialmente de folhas. Ao realizar o corte ou pastejo nesse ponto, minimiza-se a competição por luz no dossel, reduzindo perdas por senescência e aumentando a eficiência de utilização da forragem (Carnevalli, 2003; Barbosa, 2004).

A redução observada na biomassa de forragem morta (BFM) ao longo dos ciclos, em ambos os ambientes, está diretamente relacionada à diminuição da biomassa total de forragem (BFT) (Figura 32) (Tabela 7). Ou seja, com a redução da quantidade total de forragem, há menos material vegetal disponível para entrar no processo de senescência e morte.

A relação lâmina foliar:colmo (LF:C) é comumente utilizada para estimar a qualidade nutricional do pasto, uma vez que as folhas apresentam maior digestibilidade que os colmos. No entanto, a relação LF:C pode variar sob diferentes condições de manejo e entre espécies forrageiras, de modo que, em espécies de colmos tenros e de menor lignificação a importância da relação LF:C quanto indicativo de qualidade nutricional é menor (Rezende et al., 2015). A menor relação LF:C dos acessos de *Urochloa mosambicensis* em relação a cultivar BRS Piatã em ambos os ambientes demonstra maior capacidade dos acessos para produção de colmo. Gonçalves et al. (2022) avaliando o *Urochloa mosambicensis* sob adubação com nitrogênio, observaram que a relação LF:C não foi influenciada pela adubação, com valor médio de 0,87. Valores inferiores a 1, como evidenciado por Gonçalves et al. (2022) e nos acessos UmCO-4 (1) e UmCO-6 (2) em ambos os ambientes não são desejáveis, em virtude da maior proporção de colmo em relação a folha, e conseqüentemente, menor digestibilidade e consumo pelos animais em pastejo (Pinto et al., 1994).

No entanto, o *Urochloa mosambicensis* é uma espécie de colmo mais tenro, apresentando hábito de crescimento inicial cespitoso e, posteriormente decumbente em virtude da estrutura

da parede celular menos lignificada, de modo que os acessos que apresentaram relação LF:C superior a 1, possivelmente podem apresentar melhor valor nutricional em despeito de espécies que possuem crescimento ereto, como as cultivares avaliadas, apresentando a mesma relação LF:C.

A análise da relação lâmina foliar:colmo (LF:C) ao longo dos ciclos revelou um padrão de alocação de recursos dinâmico. Apesar da redução geral da biomassa total (BFT), a diminuição mais acentuada da biomassa de colmo verde (BCV) (redução de 68,59%) em comparação a biomassa de lâmina foliar verde (BLV) (redução de 34,19%) (Tabela 7), indica realocação de fotoassimilados para manutenção e expansão do aparato foliar. Essa estratégia, sugere que os genótipos priorizaram a captura de luz e a fotossíntese, maximizando a eficiência fotossintética antes de direcionar recursos para a formação de órgãos reprodutivos. A redução na porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) (Tabela 7), corrobora essa hipótese, indicando que os genótipos estão investindo em crescimento vegetativo em detrimento da reprodução. Esses resultados demonstram a plasticidade fenotípica dos genótipos avaliados, os quais ajustaram sua estratégia de alocação de recursos em resposta às condições ambientais e de manejo (corte).

A redução na densidade populacional de perfilhos (DPP) em ambiente de sombra está em consonância com os achados de Cresani et al (2022) e Martuscello et al. (2009), evidenciando a influência da qualidade da luz como um sinal ambiental que modula o crescimento e desenvolvimento das plantas. A conversão do fitocromo para sua forma inativa (Pr), desencadeada pelo aumento da razão vermelho distante/vermelho (VD/V) em ambientes sombreados, induz a inibição do perfilhamento, devido à redução ao estímulo das gemas basilares, promovendo o alongamento dos colmos (Taiz et al., 2017; Lima et al., 2019). Esse mecanismo de escape ao sombreamento, representa uma estratégia adaptativa que permite às plantas forrageiras otimizar a captura de luz em ambientes de alta densidade vegetal e sombreados (Deregibus et al., 1985). Além disso, o menor desenvolvimento radicular em ambiente de sombra resulta em menor estoque de reservas orgânicas (Tabela 7) (Castro et al., 1999), o que pode ter contribuído para redução do perfilhamento.

A estabilidade na densidade populacional de perfilhos (DPP) ao longo dos ciclos em todos os genótipos pode ser atribuída à adubação com ureia após cada corte, que resultou no incremento do teor de nitrogênio nos genótipos ao decorrer dos ciclos (Tabela 2, capítulo 1). O nitrogênio é componente da clorofila e das proteínas e está diretamente relacionado com a fotossíntese, crescimento vegetativo e formação de novos tecidos, incluindo perfilhos (Taiz et al., 2016). Essa relação entre a adubação nitrogenada e a DPP já foi demonstrada em estudos

anteriores com capim-piatã (Lima et al., 2021) e capim-massai (Lopes et al., 2011; Martuscello et al., 2015; Marques et al., 2016), nos quais os autores observaram aumentos significativos da DPP em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio. Embora o presente estudo não tenha avaliado diferentes doses de nitrogênio, os resultados obtidos corroboram a literatura e evidenciam a importância desse nutriente para a manutenção da densidade de perfilhos permitindo a perenidade das gramíneas forrageiras.

O ambiente de pleno sol promoveu um aumento da porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep), antecipando a antese dos acessos avaliados reduzindo tempo do crescimento vegetativo, evidenciado pela menor biomassa de forragem total (BFT) (Tabela 7). Essa estratégia é uma resposta fisiológica comum das plantas em condições de estresse abiótico, como mecanismo de sobrevivência em habitats adversos (Larcher 2006). Embora o sombreamento artificial tenha sido utilizado como tratamento, o estresse hídrico observado em ambiente de pleno sol, como já mencionado anteriormente, demonstra ser o fator limitante à produção de biomassa em ambiente de pleno sol.

A diminuição observada no percentual de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) a partir do segundo ciclo nos acessos UmCO-11, UmCO-14, UmCO-6, UmCO-8 e UspCO-23 indica uma mudança na alocação de recursos ao longo do tempo. Nos primeiros ciclos, esses acessos demonstram uma maior propensão à reprodução, possivelmente devido ao maior vigor inicial nesses acessos, fato comprovado pela maior BFT. No entanto, à medida que os ciclos avançaram, a demanda por recursos para a manutenção e crescimento da parte vegetativa aumentou, como evidenciado pelo incremento na relação lâmina foliar:colmo a partir do segundo ciclo (Tabela 7), portanto, a realocação de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos diminuiu, indicando a possível limitação nutricional ao longo dos ciclos.

A precocidade, segundo Schmalenbach et al. (2014), é uma estratégia adaptativa que favorece a sobrevivência em condições de estresse, porém, pode comprometer a produção de biomassa induzindo a senescência acelerada das folhas. No presente estudo, embora a precocidade tenha sido observada nos acessos citados, não houve diferenças na biomassa de forragem total (BFT) e de forragem morta (BFM) entre os acessos de *Urochloa mosambicensis*, sugerindo um equilíbrio entre a produção de biomassa e a reprodução nos acessos UmCO-11, UmCO-4 e UmCO-6, confirmando que alocação de fotoassimilados para a reprodução veio às custas do desenvolvimento radicular e não da produção de biomassa total. A redução do período de descanso para um período inferior a 30 dias pode ser uma estratégia para modular a %Perfrep nesses acessos, buscando otimizar tanto a produção de forragem quanto a sobrevivência.

Quanto a biomassa de raiz (BRaiz), os maiores valores observados nas cultivares BRS Paiaguás e BRS Piatã e nos acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1) reflete a eficiência desses acessos na partição de fotoassimilados para expansão do sistema radicular buscando maximizar a captação de água e dos nutrientes. A maior BRaiz na cultivar BRS Piatã associada a maior biomassa de lâmina foliar verde (BLV) (Tabela 7), sugere uma estratégia de crescimento equilibrada entre o sistema radicular e parte aérea. Essa maior área foliar favorece a capacidade fotossintética, gerando mais fotoassimilados que são repartidos tanto para o crescimento das folhas quanto das raízes.

Em contraste, a cultivar BRS Paiaguás e os acessos UmCO-1 (2), UmCO-14 (2), UmCO-2 (2), UmCO-8 (1), UspCO-23 (1) e UspCO-25 (1), demonstraram mecanismo de tolerância ao estresse hídrico (Lemaire, 1997). A priorização do crescimento radicular em detrimento da produção folhas, evidenciada pela maior biomassa de raiz e menor biomassa foliar (Tabela 7), indica adaptação à seca (Chavarria; Santos, 2012). O sistema radicular mais desenvolvido permite uma exploração mais profunda do perfil do solo, aumentando a captação de água e dos nutrientes, enquanto a menor área foliar reduz as perdas hídricas por transpiração. O enrolamento foliar observado nos genótipos cultivados em pleno sol, especialmente nos horários mais quentes do dia, corrobora essa estratégia, minimizando a superfície de transpiração e, conseqüentemente, a perda de água. Essa maior resiliência ao déficit hídrico contrasta com o comportamento dos acessos UmCO-11, UmCO-4 e UmCO-8, que além de apresentarem menor biomassa de raiz e foliar, evidenciaram aumento no percentual de perfilhos reprodutivos, sugerindo uma estratégia precoce de escape, direcionando os recursos para a produção de sementes em detrimento da manutenção do crescimento vegetativo.

O ambiente de sombra reduziu a biomassa de raiz (BRaiz) em 51,10% em relação ao ambiente de pleno sol, o que era esperado, pois sob condições de menor luminosidade, as plantas tendem a aumentar o crescimento da parte aérea para otimizar a captação de radiação, o que demanda maior alocação de fotoassimilados para a parte aérea e diminuição para o sistema radicular (Pimentel et al., 2016). A maior relação entre parte aérea e raiz em ambientes sombreados, bem como a redução da biomassa de raiz, já foi observada por Sarto et al. (2020) em *Urochloa decumbens*.

Adicionalmente, o estresse hídrico observado nos genótipos cultivados no ambiente de pleno sol também contribuiu para o aumento do sistema radicular. De acordo com (Farooq et al., 2009) a raiz é o principal órgão da planta para adaptação à seca. Nessa condição o fechamento estomático induzido pelo estresse hídrico aumenta o crescimento radicular, resultando em maior biomassa de raiz.

Na análise multivariada (Tabela 9), a correlação elevada e positiva entre as variáveis biomassa de forragem morta (BFM), biomassa de colmo verde (BCV) e porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep), no componente principal um (PC1), indica que genótipos com valores elevados em uma dessas variáveis tendem a apresentar valores elevados nas demais. Essas variáveis são consideradas agronomicamente indesejáveis, pois refletem características que comprometem a qualidade da forragem, com acúmulo de material senescente, além do incremento de colmo e menor produção de folhas com o desenvolvimento de perfilhos reprodutivos.

Em contrapartida, a correlação elevada e negativa entre as variáveis número de folhas vivas (NFV), comprimento final da lâmina foliar (CFinlam), biomassa de lâmina foliar verde (BLV) e relação lâmina foliar:colmo (LF:C), sugere que genótipos com altos valores para essas variáveis possuem menor valor para BFM, BCV e %Perfrep, o que indica uma tendência de maior qualidade nutricional e potencial produtivo, devido a priorização na produção de biomassa foliar. Portanto, a correlação negativa entre NFV, CFinLam, BLV e LF:C com as variáveis BFM, BCV e %Perfrep reafirma que os genótipos que expressam altos valores para as primeiras variáveis mencionadas são agronomicamente superiores, uma vez que produzem mais biomassa foliar e menos colmos e material senescente, sendo mais adequados para sistemas de produção a pasto, favorecendo o desempenho animal e a sustentabilidade do sistema produtivo.

No componente principal 2 (PC2), as variáveis altura de planta (Alt), comprimento final da lâmina foliar (CFinlam), biomassa de forragem total (BFT), biomassa de forragem morta (BFM), biomassa de lâmina foliar verde (BLV) e biomassa de colmo verde (BCV) apresentaram correlação elevada e positiva. Isso significa que, nos genótipos analisados, quando uma dessas variáveis aumenta, as outras tendem a seguir o mesmo padrão, indicando um perfil de plantas com maior acúmulo de biomassa e maior porte. A presença simultânea de biomassa verde (folhas e colmos) e de biomassa morta sugere um perfil de plantas com alto potencial de produção de forragem, porém com qualidade que pode ser reduzida pelo acúmulo de material senescente, o que pode comprometer a qualidade nutricional e a aceitabilidade do pasto. Idealmente, para a produção animal, busca-se um maior acúmulo de biomassa verde e foliar, especialmente da lâmina foliar, que é a fração mais selecionada pelos animais sob pastejo sendo o órgão mais nutritivo da planta.

Por outro lado, a densidade populacional de perfilhos apresentou uma correlação elevada e negativa com essas mesmas variáveis. Isso sugere que, nos genótipos com maior densidade de perfilhos, há uma tendência de menor altura, menor comprimento de lâmina foliar e menor

acúmulo total de biomassa. Essa relação inversa indica que, à medida que a planta investe mais na produção de perfilhos, o crescimento em altura e o acúmulo de biomassa em termos de forragem total tendem a ser reduzidos, devido à plasticidade fenotípica (Lemaire & Chapman, 1996).

Analisando o gráfico biblot e o dendrograma, tem-se a formação de 3 grupos. Os acessos UmCO-6 (2), UmCO-4 (1) e UmCO-11 (2), pertencentes ao grupo 1, apresentam maior biomassa de forragem morta (BFM), biomassa de colmo verde (BCV) e porcentagem de perfilhos reprodutivos (%Perfrep) em ambos os ambientes avaliados e em todos os ciclos produtivos, sugerindo uma estratégia de crescimento desfavorável à produção de forragem. Esses acessos, embora possam ser produtivos em termos de biomassa total, tendem a priorizar o crescimento reprodutivo e a produção de colmos e forragem morta, o que impacta negativamente a qualidade nutritiva das forrageiras.

O segundo agrupamento, tem-se as características agrônômicas de interesse em gramíneas forrageiras, composto por maior número de folhas vivas (NFV), biomassa de lâmina foliar verde (BLV), altura de planta (Alt) e relação lâmina foliar:colmo (LF:C). Nesse agrupamento, apenas a cultivar BRS Piatã demonstrou superioridade consistente em ambos os ambientes e ciclos produtivos, indicando maior capacidade de fotossíntese e para produção de forragem, pois a lâmina foliar é o principal órgão responsável pela captação de luz e pela produção de fotoassimilados.

O terceiro agrupamento, associado à densidade populacional de perfilhos (DPP), evidenciou a superioridade dos acessos UmCO-2, UmCO-14 e UmCO-8, os quais se mantiveram constantes em ambos os ambientes e ciclos avaliados. Essa característica é de importância para a produção de forragem, pois a maior densidade de perfilhos está diretamente relacionada à maior perenidade do pasto e capacidade de cobertura do solo, o que contribui para a proteção contra erosão e redução da competição com plantas daninhas (Silva et al., 2020). Além disso, uma alta densidade de perfilhos favorece a persistência e a resiliência do pasto, permitindo uma recuperação mais rápida após o pastejo ou cortes sucessivos, o que é essencial para a manutenção da produtividade forrageira em sistemas intensivos (Lopes et al., 2016; Veras et al., 2020).

A DPP influencia diretamente a estrutura do pasto, favorecendo a regeneração rápida após o pastejo. No entanto, conforme indicado pela análise do componente principal 2 (PC2), essa maior densidade tende a estar inversamente correlacionada com variáveis como altura de planta, comprimento da lâmina foliar e acúmulo total de biomassa. Isso sugere que, em acessos com elevada densidade de perfilhos, há compensação tamanho/densidade (Lemaire & Chapman,

1996), onde o crescimento em altura e o alongamento da lâmina foliar são reduzidos em prol do surgimento de perfilhos. Embora isso possa resultar em menor acúmulo de biomassa de forragem total por área, os acessos UmCO-2, UmCO-14 e UmCO-8 apresentaram relação lâmina foliar:colmo superior a 1,0 (Tabela 7), indicando que o crescimento vegetativo prioriza a produção de lâminas foliares, que é a fração mais nutritiva e digestível da planta. Já nos genótipos de maior porte, embora possam produzir maior biomassa total, tendem a acumular mais material senescente, o que compromete a qualidade nutricional e a aceitabilidade da gramínea.

14. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que o sombreamento pode ser uma estratégia para aumentar a produção de forragem em sistemas de produção com limitação de recursos, como a água.

O sombreamento artificial com 50% de transmitância aumenta a altura das plantas, o número de folhas, o comprimento final da lâmina foliar, os componentes da biomassa e a proporção de colmo dos genótipos, evidenciando a plasticidade fenotípica das plantas em resposta à redução da luminosidade.

Os acessos UmCO-4 (1), UmCO-6 (2) e UmCO-11 (2) apresentam características agronômicas indesejáveis para produção de forragem.

Os acessos UmCO-2 (2), UmCO-8 (1) e UmCO-14 possuem potencial para avaliação em sistemas a pasto em monocultivo em pleno sol e de Integração Pecuária-Floresta, com luminosidade em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, H. e Williams, L. J. 2010. **Principal component analysis**. Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics 2:433-459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Abraham, E. M.; Kyriazopoulos, A. P.; Parissi, Z. M.; Kostopoulou, P.; Karatassiou, M.; Anjalanidou, K. e Katsouta, C. 2014. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems** 88:287–299. <https://10.1007/s10457-014-9682-9>
- Alvarez, V. V. H.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Cantarutti, R. B. e Lopes, A. S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. p. 25-32. In: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa, MG.
- Anjos, A. J. e Chaves, C. S. 2021. Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris. *Scientific Electronic Archives* 14:53–64. <http://dx.doi.org/10.36560/14320211239>
- Araújo Filho, J. A. 2013. **Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga**. 22ª ed., Recife: Projeto Dom Helder Câmara.
- Barbosa, R. A. 2004. Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo. 122p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Box, G. E. P e Cox, D. R. 1964. **An Analysis of transformations**. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* 26:211-243. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
- Braga, F. M.; Ferreira, E. A.; Cabral, C. M.; Freitas, I. C. De; Maciel, J. C.; Freitas, M. S. S.; Aspiazu, I.; Santos, J. B. Dos; Fernandes, L. A.; Frazão, L. De A. e Sampaio, R. A. 2021. Revisão: Crescimento de plantas C₃ e C₄ em resposta a diferentes concentrações de CO₂. **Research, Society and Development** 10:1-14. <https://10.33448/rsd-v10i7.16701>
- Bueno, L. G.; Alves, M. M. A.; Rocha, J. E. S.; Cavalcante, A. C. R.; Galvani, D. B.; Diniz, F. M.; Valle, C. B. e Cândido, M. J. D. 2019. **Caracterização morfogênica de *Urochloa mosambicensis* para seleção de genótipos elite em programa de melhoramento de forrageiras**. **Embrapa Caprinos e Ovinos**. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Caprinos e Ovinos, ISSN 0101- 6008; 11). 19p.
- Carnevalli, R. A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. 149p. **Tese** (Doutorado em Agronomia) ESALQ, Piracicaba.
- Carvalho, C. A. B.; Silva, P. H. F.; Zanella, P. G.; Diavão, J. e Paiva, A. J. 2022. Morphogenetic and structural traits of tillers and herbage accumulation of Tanganyika grass under shading levels. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 23:1-5. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402100452022>

Castro, C. R. T. De; Garcia, R.; Carvalho, M. M. e Couto, L. 1999. Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia** 28:919–927. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000500003>

Chavarria, G. e Santos, H. P. 2012. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: Advances in selected plant physiology aspects. **Intech Open** 105-132.

Cook B. G.; Pengelly, B. C.; Schultze-Kraft, R.; Taylor, M.; Burkart, S.; Arango, C. J. A.; Guzmán, J. J. G.; Cox, K.; Jones, C. e Peters, M. 2020. **Forrageiras Tropicais: Uma ferramenta de seleção interativa**. 2ª ed. Revisada Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia e Instituto Internacional de Pesquisa Pecuária (ILRI), Nairobi, Quênia.

Crestani, S.; Congio, G. F. D. S.; Mascheroni, J. D. C.; Geremia, E. V.; Carnevalli, R. A.; Mourao, G. B. e Silva, S. C. 2022. Tussock and tiller population dynamics on rotationally stocked Piatã palisadegrass (*Urochloa brizantha*) in an integrated crop-livestock-forestry system. **Crop and Pasture Science** 73:273–284. <https://10.1071/CP21184>

Cruz, P. J. R.; Borges, C. E.; Santos, M. V.; Magalhães, M. A.; Martuscello, J. A.; Fonseca, D. M. e Silva, L. D. 2021. Shade effects on the hybrid Mavuno brachiariagrass (*Urochloa* spp.) as potential grass in agroforestry systems. **Agroforestry Syst** 95:1105–1108. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00636-4>

Deregibus, V. A.; Sanchez, R. A.; Casal, J. J. e Trlica, M. J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. **Journal of Applied Ecology** 22:199-206. <https://doi.org/10.2307/2403337>

Drumond, M. A.; Moraes, S. M. e Ribaski, J. 2013. Sistemas agroflorestais para o Semiárido brasileiro. p. 1-16. In: **Anais do IX Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Ilhéus, Bahia.

Edvan, R. L.; Santos, E. M.; Silva, D. S.; Andrade, A. P.; Costa, R. G. e Vasconcelos, W. A. 2011. Características de produção do capim-buffel submetido a intensidades e frequência de corte. **Archivos Zootecnia** 60:1281–1289.

Farooq, M.; Wahid, A.; Kobayashi, N.; Fujita, D. e Basra, S.M.A. 2009. Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable and Devenlopment** 29:185-212.

Fulkerson, W. J. e Slack, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science** 50:16–20.

Gobbi, K. F.; Garcia, R.; Garcez Neto, A. F.; Pereira, O. G.; Ventrella, M. C. e Rocha, G. C. 2009. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38:1645–1654. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900002>

- Gonçalves, M. B.; Silva, I. S.; Silva, A. J. Da; Santos, A. F. F. Dos; Santos, H. J. S.; Mourthé, M. H. F. e Braz, T. G. S. 2022. Produção de forragem e eficiência no uso do nitrogênio em capim-corrente. **Caderno de Ciências Agrárias** 14:1–9. <https://10.35699/24476218.2022.38750>
- Guenni, O.; Seiter, S. e Figueroa, A. R. 2008. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply **Tropical Grasslands** 42:75-87
- Jolliffe, I. T. 1986. **Principal component analysis**. New York: Springer Verlag. *Journal of Statistical Software* 25:1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Kassambara, A. e Mundt, F. 2020. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7.
- Larcher, W. 2006. **Ecofisiologia Vegetal**. 3ª ed., São Carlos. 550p.
- Lê, S.; Josse, J. e Husson, F. 2008. **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**.
- Lemaire, G. 1997. The physiological of grass growth under grazing: Tissue turnover. In: **Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo**, Viçosa, 1997. Anais... Viçosa: UFV, p. 117-144, 1997.
- Lemaire, G. e Chapman, D. 1996. Tissue fluxes in grazing plant communities. In: **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, p. 3-36.
- Lima, M. A.; Paciullo, D. S. C.; Morenz, M. J. F.; Gomide, C. A. M.; Rodrigues, R. A. R. e Chizzotti, F. H. M. 2019. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science** 74:160–170. <https://doi.org/10.1111/gfs.12395>
- Lima, R. O.; Vendruscolo, M. C. e Dalbianco, A. B. 2021. Características agronômicas do capim BRS Piaã submetido a doses de nitrogênio e cortes. **Pubvet** 15:1–13. <https://10.31533/pubvet.v15n03a765.1-13>
- Lopes, M. N.; Cândido, M. J. D.; Pompeu, R. C. F. F.; Silva, R. G.; Neto, L. B. M. e Carneiro, M. S. S. 2016. Tillering dynamics in massai grass fertilized with nitrogen and grazed by sheep. **Bioscience Journal** 32:446–454.
- Lopes, M. N.; Duarte Cândido, J.; Fernandes, R. C.; Pompeu, F.; Gregório Da Silva, R.; Marcus, F. e Bezerra, L. 2011. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio 1 After cut structural components of massai grass under five nitrogen fertilizer levels. **Revista Ciência Agronômica** 42:518–525.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C. e Oliveira, S. A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ªed. Piracicaba: POTAFOS. 319p.
- Marques, M. F.; Romualdo, L. M.; Martinez, J. F.; Lima, C. G.; Lunardi, L. J.; Luz, P. H. C. e Herling, V. R. 2016. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 68: 776–784. <https://10.1590/1678-4162-8500>

- Martuscello, J. A.; Fonseca, D. M.; Nascimento Júnior, D.; Santos, P. M.; Cunha, D. N. F. V. e Moreira, L. M. 2006. Correspondências devem ser enviadas para: Revista Brasileira de Zootecnia Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35:665–671. ISSN on-line: 1806-9290
- Martuscello, J. A.; Jank, L.; Gontijo Neto, M. M.; Valdemir, A. L. e Cunha, D. N. F. V. L. 2009. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38:1183–1190. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700004>
- Martuscello, J. A.; Silva, L. P. Da; Cunha, D. De N. F. V. Da; Batista, A. C. Dos S.; Braz, T. G. S. 2015. Ferreira, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: Morfogenese e produção. **Ciencia Animal Brasileira** 16:1–13. <https://10.1590/1089-68916i118730>
- McSteen, P. 2009. Hormonal regulation of branching in grasses. **Plant Physiology** 149:46–55. <https://10.1104/pp.108.129056>
- Medeiros, S. S.; Reis, C. F.; Santos Júnior, J. A.; Klein, M. R.; Ribeiro, M. D.; Szekut, F. D. e Santos, D. B. 2013. **Manejo de irrigação do tanque Classe A**. INSA: Campina Grande. (Cartilha).
- Munemasa, S.; Hauser, F.; Park, J.; Waadt, R.; Brandt, B. e Schroeder, J. I. 2015. Mechanisms of abscisic acid-mediated control of stomatal aperture. **Current Opinion in Plant Biology** 28:154–162. <https://10.1016/j.pbi.2015.10.010>
- Olanrewaju, H. O.; Suleiman, K. B. e Mutiu, A. B. 2024. Integrated agricultural system: A dynamic concept for improving soil quality. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 23:352-360. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2024.03.002>
- Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Maurício, R. M.; Fernandes, P. B. e Morenz, M. J. F. 2017. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science** 72:590–600. <https://doi.org/10.1111/gfs.12264>
- Pimentel, R. M.; Bayão, G. F. V.; Lelis, D. L.; Cardoso, A. J. Da S.; Saldarriaga, F. V.; Melo, C. C. V.; Souza, F. B. M. De; Pimentel, A. C. D. S.; Fonseca, D. M. e Santos, M. E. R. 2016. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia** 10:666–679. ISSN: 1982-1263.
- Pinto, J.C.; Gomide, J.A. e Maestri, M. 1994. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia** 23:313-326.
- R Core Team. 2022. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- Reis, J. C.; Kamoi, M. Y. T.; Latorraca, D.; Chen, R. F. F.; Michetti, M.; Wruck, F. J.; Garrett, R. D.; Valentim, J. F.; Rodrigues, R. A. R. e Rodrigues Filho, S. 2020. Assessing the economic viability of integrated crop-livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renewable Agriculture and Food Systems* 35:631–642. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000280>

Rezende, A. V.; Rabêlo, F. H. S.; Rabelo, C. H. S.; Lima, P. P.; Ávila Barbosa, L.; Carvalho Abud, M. e Souza, F. R. C. 2015. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. **Semina: Ciências Agrárias**, 36:1507–1517. <https://10.5433/1679-0359.2015v36n3p1507>

Sá Júnior, E. H.; Cruz, M. G.; Leite, M. L. M. V. e Lucena, L. R. R. 2018. Características agronômicas de capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com esterco suíno e submetido a duas alturas de corte. *Revista Ciência Agrícola* 16:1-9. <https://doi.10.28998/rca.v16i1.3303>

Santacruz, G. A. A.; López, N. E. L.; Imárquez, K. Veth P.; Moya, E. G.; Moreno, J. T. A. e Soriano, J. P. M. 2004. Genetic variability of *Bouteloua gracilis* populations differing in forage production at the southernmost part of the North American Graminetum. **Plant Ecology**. 170:287–299.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B. e Cunha, T. J. F. 2018. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5° ed., Brasília, DF.

Sarto, M. V. M.; Borges, W. L. B.; Sarto, J. R. W.; Rice, C. W. e Rosolem, C. A. 2020. Root and shoot interactions in a tropical integrated crop–livestock–forest system. **Agricultural Systems** 181:1–11. <https://10.1016/j.agsy.2020.102796>

Schmalenbach, I.; Zhang, L.; Reymond, M. e Jiménez-Gómez, J. M. 2014. The relationship between flowering time and growth responses to drought in the *Arabidopsis Landsberg erecta* x Antwerp-1 population. **Frontiers in Plant Science** 5:1-9. <https://10.3389/fpls.2014.00609>

Silva, P. R. Da; Oliveira, M. E.; Silva, I. R. Da; Araújo, D. L. De; Costa, J. V.; Costa, C. Dos S. e Moura, R. M. A. 2020. Population density and tillering of andropogon grass submitted to different cutting heights. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal** 21:1–12. <https://10.1590/S1519-99402121092020>

Sugiyama, S.; Yoneyama, M. e Takahashi, N. et al. 1985. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science** 40:49-55, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1985.tb01719.x>

Veras, E. L. De L.; Difante, G. Dos S.; Gurgel, A. L. C.; Costa, A. B. G. Da; Rodrigues, J. G.; Costa, C. M.; Neto, J. V. E.; Gusmão Pereira, M. e Costa, P. R. 2020. Tillering and structural characteristics of panicum cultivars in the Brazilian semiarid region. **Sustainability** 12:2–11. <https://10.3390/su12093849>