






## Resiliência de plantas de cobertura à seca

Alan Mario Zuffo<sup>1\*</sup> , Fábio Steiner<sup>2</sup> , Jorge González Aguilera<sup>2</sup> , Luis Morales-Aranibar<sup>3</sup> , Leandris Argente-Martínez<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, Balsas 65800-000, MA, Brasil;

<sup>2</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia 79540-000, MS, Brasil;

<sup>3</sup> National Intercultural University of Quillabamba, Cusco 08741, Peru;

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Valle del Yaqui, Bâcum 85265, Sonora, México;

\*Autor correspondente: alan\_zuffo@hotmail.com

Recebido: 09/10/2024

Aceito: 27/12/2024

Publicado: 29/12/2024

Editor Principal

Bruno Rodrigues de Oliveira



Copyright: © 2023. Creative Commons Attribution license: [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Para citação: Zuffo, A. M.; Steiner, F.; Aguilera, J. G.; Morales-Aranibar, L.; Argente-Martínez, L. (2024). Resiliência de plantas de cobertura à seca. Trends in Agricultural and Environmental Sciences, (e240016), DOI: 10.46420/TAES.e240016

**Resumo:** A produção de palha das plantas de cobertura e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas em plantio direto podem ser comprometidas pelo baixo índice pluviométrico no período seco da entressafra no Brasil Central. Este estudo investigou a resiliência à seca de cinco espécies de plantas de cobertura sob condições de estresse hídrico. Três níveis de irrigação [100% da capacidade do vaso – CV (condições bem irrigadas), 60% CV (estresse hídrico moderado) e 25% CV (estresse hídrico severo)] e cinco espécies de plantas de cobertura de gramíneas [*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Xaraés, *U. ruziziensis* cv. Comum e *Pennisetum glaucum* cv. ADR 300] foram testados usando um delineamento de blocos casualizados, com arranjo fatorial  $3 \times 5$ , e com três repetições. As plantas foram expostas ao estresse hídrico por 25 dias durante as fases de perfilhamento e alongamento do colmo. Foi realizada com as variáveis avaliadas uma análise de variáveis canônicas (AVC) e uma rede de correlação. A AVC mostrou que 88,6%, da variação total dos dados foi retida nas duas primeiras variáveis canônicas. As plantas do gênero *Urochloa* (*U. ruziziensis*, *U. brizantha* cv. Marandu, e *U. brizantha* cv. Xaraés) apresentaram maior produção de matéria seca total em condições normais de irrigação. Entretanto, em condições de estresse hídrico severo a *U. ruziziensis* foi a planta de cobertura com maior resiliência, pois, nessas condições culminaram maiores produções de matéria seca.

**Palavras-chave:** Estresse hídrico; *Urochloa* spp.; *Pennisetum glaucum*; Sistema de plantio direto.

### 1. Introdução

O Brasil ocupa posição de destaque como importante produtor de commodities agrícolas e alimentícias em nível mundial, com destaque para culturas como soja, milho, arroz, feijão e trigo (FAO, 2020). A safra 2022/23 está prevista para alcançar uma produção de grãos de 312 milhões de toneladas no Brasil (CONAB, 2022). O principal modelo de cultivo agrícola é o sistema de plantio direto (SPD), que é favorecido por sua capacidade de aumentar a qualidade do solo e a capacidade de produção agrícola (Crusciol et al., 2016; Pariz et al., 2016; Kim et al., 2020; Gualberto et al., 2023). No entanto, esse sistema de produção depende muito de plantas de cobertura para produzir e manter a palha na superfície do solo (Nascente et al., 2018; Canalli et al., 2020; Portugal et al., 2020; Nascimento et al., 2022).

O impacto positivo das culturas de cobertura nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo é amplamente reconhecido, especialmente pela redução da erosão e do escoamento superficial da água, promovendo a ciclagem de nutrientes e a entrada de matéria orgânica e diminuindo a amplitude térmica do solo e a população de ervas daninhas (Pariz et al., 2016; Tardy et al., 2017; Almeida et al., 2018; Nascente et al., 2018; Gualberto et al., 2023). As



vantagens das culturas de cobertura são de particular importância para o Cerrado brasileiro, savanas Africanas e Australianas, uma vez que as chuvas são frequentemente escassas nessas regiões durante seis meses por ano (Nascente et al., 2018; Portugal et al., 2020), dificultando a produção de palha para o SPD. A sustentabilidade do SPD no Brasil é desafiada pela dificuldade de produção de palha durante o período seco no Cerrado brasileiro (Pariz et al., 2016; Pariz et al., 2020; Portugal et al., 2020; Nascimento et al., 2022). Nesse contexto, a identificação de espécies de plantas de cobertura tolerantes à seca pode ser uma excelente opção para aumentar a produção de palha em condições durante a estação seca na região do Cerrado devido à baixa disponibilidade de água no solo (Petter et al., 2013; Hunter et al., 2021; Zuffo et al., 2022).

Em condições tropicais, algumas espécies de plantas de cobertura têm sido estudadas, incluindo gramíneas forrageiras tropicais (Pariz et al., 2016; Almeida et al., 2018; Pariz et al., 2020; Portugal et al., 2020). O milheto (*Pennisetum glaucum*), o capim ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) e o capim Brachiaria (*Urochloa brizantha*) têm sido frequentemente utilizados na região do Cerrado brasileiro, principalmente devido à sua alta capacidade de produção de palha e ciclagem de nutrientes (Petter et al., 2013; Pariz et al., 2016; Nascente et al., 2018). O estresse hídrico como fator limitante reduz o crescimento das plantas e a produção de biomassa das culturas de cobertura por alterar as características fisiológicas, bioquímicas e morfológicas das plantas (Macedo et al., 2019; Zuffo et al., 2022, Ben Kalifa et al., 2023). A resposta das plantas de cobertura ao estresse hídrico varia com o genótipo, estágio de desenvolvimento da planta, intensidade e tempo do período de seca (Nicole et al., 2021; Ntshidi et al., 2021).

Compreender as respostas das gramíneas de cobertura ao estresse hídrico é essencial para aumentar a produção de palha na entressafra e melhorar a produção agrícola sob SPD. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a resiliência de espécies de plantas de cobertura expostas a condições de estresse hídrico moderado e severo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação agrícola com temperatura controlada em Cassilândia, MS, Brasil (19°05'29" S, 51°48'50" W e 540 m de altitude), em vasos plásticos de 12 L, onde a temperatura média do ar foi de 27,2 °C e 24,4 °C durante o dia e a noite, respectivamente. A umidade relativa média do ar foi de 70% ( $\pm 6\%$ ).

O solo experimental empregado no estudo foi identificado como Latossolo Vermelho, coletado da camada arável em uma área agrícola do Cerrado brasileiro. As características físico-químicas do solo do experimento estão na Tabela 1.

**Tabela 1.** As propriedades físico-químicas do solo do local experimental foram analisadas na profundidade de 0-20 cm.

pH	M.O.	P	S	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al
H <sub>2</sub> O	g kg <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----			
6,1	20	12	3,2	0,25	3,70	1,60	2,60
Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila	
-----mg dm <sup>-3</sup> -----				-----g kg <sup>-1</sup> -----			
1,80	73	13	1,50	750	70	180	

M.O.: Matéria orgânica.

A capacidade de vaso (CV), que equivale à capacidade de campo, foi calculada em condições de escoamento livre usando a taxa de redução volumétrica do teor de água de 0,1 g kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, conforme proposto por Casaroli e Lier (2008), e o solo o teor de umidade no PC foi de 218 g kg<sup>-1</sup>.

O solo foi adubado com 50 mg dm<sup>-3</sup> de N (ureia), 300 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfosfato triplo), 150 mg dm<sup>-3</sup> de K (cloreto de potássio), 30 mg dm<sup>-3</sup> de S (sulfato de cálcio), 2 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (sulfato de cobre) e 2 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (sulfato de zinco), e então transferidos para vasos plásticos

de 12 L e submetidos ao cultivo de plantas de cobertura. Os fertilizantes foram aplicados três dias antes da semeadura das plantas de cobertura. Os vasos foram preenchidos com 14 kg ( $\pm 10 \text{ dm}^3$ ) de solo seco ao ar e peneirado em malha de 4,0 mm.

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em blocos ao acaso em esquema fatorial  $3 \times 5$  com três repetições. Os tratamentos consistiram em três níveis de manejo de irrigação [100% de CV (sem estresse hídrico), 60% de CV (estresse hídrico moderado) e 25% de CV (estresse hídrico severo)] e cinco espécies de plantas de cobertura de gramíneas [*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Xaraés, *U. ruziziensis* cv. Comum e *Pennisetum glaucum* cv. ADR 300]. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 12 L contendo duas plantas de cobertura, totalizando 60 vasos no experimento. Os tratamentos de estresse hídrico foram aplicados por um período total de 25 dias durante as fases de perfilhamento do capim e alongamento do colmo. Os níveis de estresse hídrico foram definidos conforme proposto por Imakumbili (2019), que relatou que estresses severos e moderados são frequentemente alcançados mantendo o teor de água do solo em vasos em 20–30% e 50–60% CV, respectivamente.

## 2.3 Material vegetal e irrigação

Sementes de cinco espécies de plantas de cobertura, três cultivares de *Urochloa brizantha* [(Hochst. Ex A. Rich.) R.D. Webster ('BRS Piatã', 'Marandu' e 'Xaraés')], uma cultivar de *Pennisetum glaucum* [(L.) R. Br. ('ADR 300')] e uma cultivar de *Urochloa ruziziensis* [(R. Germ. & C.M. Evrard) Crins ('Comum')] foram semeadas no dia 8 de maio de 2019, em vasos de 12 L. Ao todo, foram semeadas 10 sementes a 2,0 cm de profundidade e, 5 dias após a emergência, as mudas foram desbastadas para 2 plantas por vaso. Todas as plantas foram adubadas 30 dias após a emergência, com  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  de N em solução de ureia.

Até 40 dias após a semeadura, o teor de água no solo foi mantido na capacidade do vaso ( $218 \text{ g kg}^{-1}$ ) com reposição manual diária. Posteriormente, as culturas de cobertura foram separadas em 3 níveis de reposição de água [controle (100% de CV), estresse hídrico moderado (60% de CV) e estresse hídrico severo (25% de CV)]. Ao iniciar os tratamentos de estresse hídrico, os vasos severamente e moderadamente estressados não foram irrigados até que o teor de água do solo nos vasos caísse para um ponto ligeiramente abaixo de 25% e 60% do CV, respectivamente. Depois disso, o teor de água do solo foi mantido nesses níveis de estresse hídrico por 25 dias. A disponibilidade de água no solo foi controlada diariamente às 9h e 15h. usando o método gravimétrico proposto por Imakumbili (2019), e a umidade do solo foi ajustada pela adição de água após a pesagem do vaso.

## 2.4 Quantificação de características morfológicas

Após o 25º dia de exposição ao estresse hídrico, foram colhidas as plantas de cobertura, sendo a seguir avaliada a altura da planta (AP), número de perfilhos (NPER), número de folhas (NF), área foliar (AF), volume de raízes (VR), e a matéria seca das partes da planta. As plantas foram separadas em folhas, caules e raízes, secas em estufa a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  por 3 dias e depois pesadas. A matéria seca total (MST) foi obtida a partir da soma de todas as partes das plantas (folhas, caules e raízes).

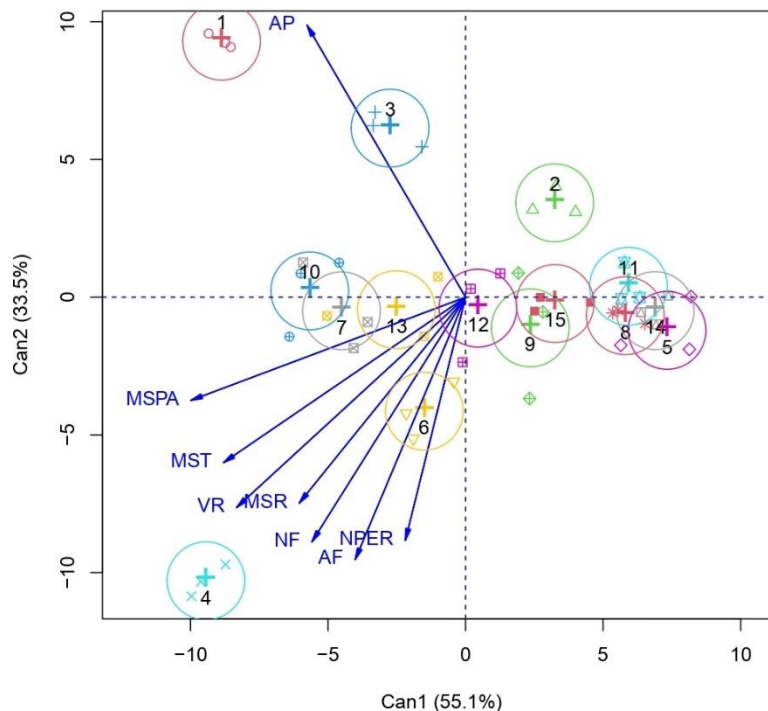
A AP foi determinada desde o solo até a inserção da folha +1 por meio de fita métrica. A determinação de NPER correspondeu ao número total de plantas em cada vaso. Para NF, foram consideradas apenas as folhas verdes (totalmente expandidas com área verde mínima de 20%, contadas a partir da folha +1). O AF foi estimado usando a equação proposta por Benincasa (2003):  $AF = [(AFa \times MSTF)/MSa]$ , onde AFa é a área foliar da amostra coletada, MSTF é a matéria seca total da folha e MSa é a questão da amostra coletada. A amostra coletada constituiu-se da amostra de 15 discos foliares ( $15,0 \text{ cm}^2$ ) destacados das folhas basal, mediana e apical. O VR foi determinado em proveta graduada de 1000 mL pelo método de deslocamento de água.

## 2.5 Análise estatística

A análise de correlação canônica (ACC) foi utilizada para estudar a inter-relação entre conjuntos (vetores) de variáveis independentes (estresse hídrico e forrageiras) e dependentes (características agrônomicas). Posteriormente, foi construído uma rede de correlações contendo as correlações de Pearson entre os caracteres avaliados e sua distribuição. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Rbio versão 140 para Windows (Rbio Software, UFV, Viçosa, MG, BRA).

## 3. Resultados e Discussão

A utilização da análise de correlação canônica forneceu um método para avaliar o impacto dos graus de estresse hídrico nas variáveis dependentes pertencentes às culturas de cobertura. Por meio da utilização dessa metodologia específica, viabilizou-se uma avaliação quanto à contribuição individual de cada variável. Isso permitiu uma análise mais abrangente dos dados a serem realizados (Figura 1). Para plotar pontuações em um gráfico bidimensional, a porcentagem de variância retida deve exceder 80% (Mingoti, 2005). Nesta pesquisa, a variação retida nas duas variáveis canônicas primárias foi de 88,6% (Figura 1). Esse alto nível de acúmulo de variância permite uma interpretação precisa e confiável dos resultados.



**Figura 1.** Análise de variáveis canônicas (AVC) que avaliou a relação entre as características morfológicas das espécies de plantas de cobertura e os níveis de estresse hídrico que elas experimentaram. As setas azuis no gráfico ilustram a correlação canônica entre os centroides do primeiro conjunto de variáveis canônicas, juntamente com uma linha de tendência linear. Abreviações: AP - altura da planta; NPER - número de perfilhos; NF - número de folhas; AF - área foliar; MSPA - matéria seca da parte aérea; MSR - matéria seca da raiz; MST - matéria seca total; VR - volume da raiz; 1 - *P. glaucum* cv. ADR 300 cultivadas sob condições de controle; 2 - *P. glaucum* cv. ADR 300 cultivado sob estresse hídrico severo; 3 - *P. glaucum* cv. ADR 300 cultivado em água moderada; 4 - *U. ruziziensis* cv. Comum cultivado sob condições de controle; 5 - *U. ruziziensis* cv. Comum cultivado sob forte estresse hídrico; 6 - *U. ruziziensis* cv. Comum cultivado sob estresse hídrico moderado; 7 - *U. brizantha* cv. Marandu cultivado sob controle; 8 - *U. brizantha* cv. Marandu cultivada sob forte estresse hídrico; 9 - *U. brizantha* cv. Marandu cultivada sob estresse hídrico moderado; 10 - *U. brizantha* cv. BRS Piatã cultivada sob controle; 11 - *U. brizantha* cv. BRS Piatã cultivada sob forte estresse hídrico; 12 - *U. brizantha* cv. BRS Piatã cultivada sob estresse hídrico moderado; 13 - *U. brizantha* cv. Xaraés cultivados sob controle; 14 - *U. brizantha* cv. Xaraés cultivados sob forte estresse hídrico; 15 - *U. brizantha* cv. Xaraés cultivados sob estresse hídrico moderado. Os símbolos nas diferentes cores representam a disposição dos dados individuais associados aos diferentes tratamentos.

Um ângulo (entre os vetores) de menos de 90° indica uma positiva correlação entre as variáveis dependentes as cultivares de sorgo e as épocas de colheita das sementes. Plantas de *P. glaucum* cv. ADR 300 cultivada em condições de controle e cultivada em estresse hídrico moderado apresentou maior altura de planta (Figura 1). As demais variáveis estão relacionadas a *U. ruziziensis* cv. Comum cultivado sob condições de controle e sob estresse hídrico moderado, *U. brizantha* cv. Marandu e *U. brizantha* cv. Xaraés cultivados em condições de controle (Figura 1). O crescimento e desenvolvimento das plantas foram reduzidos sob condições moderadas para algumas culturas de cobertura e severas em condições de estresse hídrico em todas as plantas. Segundo Zuffo et al. (2022), verificou-se que o estresse hídrico prejudica o crescimento de plantas de cobertura, principalmente em termos de altura da planta, como observado em *P. glaucum* cv. ADR 300 e *U. brizantha* cv. BRS Piatã sob severas condições de estresse hídrico.

Quando a disponibilidade hídrica do solo diminui, um dos processos iniciais afetados é o processo de expansão celular, que depende principalmente da turgidez da planta. À medida que as condições de seca pioram, ela pode afetar negativamente vários outros processos fisiológicos, levando à redução do acúmulo de fotoassimilados, menor taxa de assimilação de carbono e diminuição da taxa de crescimento relativo da planta (Fariaszewska et al., 2020; Ntshidi et al., 2021). Esses impactos em vários processos fisiológicos podem levar à redução da área foliar e ao declínio da produção de biomassa (Macedo et al., 2019).

Sob condições de estresse hídrico, o desenvolvimento da planta pode ser inibido, resultando em diminuição do número de folhas e diminuição da área foliar (Inman-Bamber et al., 2008). Segundo os autores, isso é visto como uma estratégia de sobrevivência da planta, para mitigar a taxa de transpiração e, posteriormente, minimizar seus gastos metabólicos. Por outro lado, a inibição na área foliar também implica em um declínio na interceptação da radiação luminosa, levando a uma diminuição na taxa fotossintética, taxa de transpiração, aparecimento de senescência e abscisão foliar (Pacheco et al., 2013; Macedo et al., 2019). As plantas de cobertura têm demonstrado redução tanto no número de folhas quanto na área foliar como resposta a períodos prolongados de baixa disponibilidade de água no solo, com o objetivo de garantir sua sobrevivência (Farshadfar et al., 2012; Macedo et al., 2019).

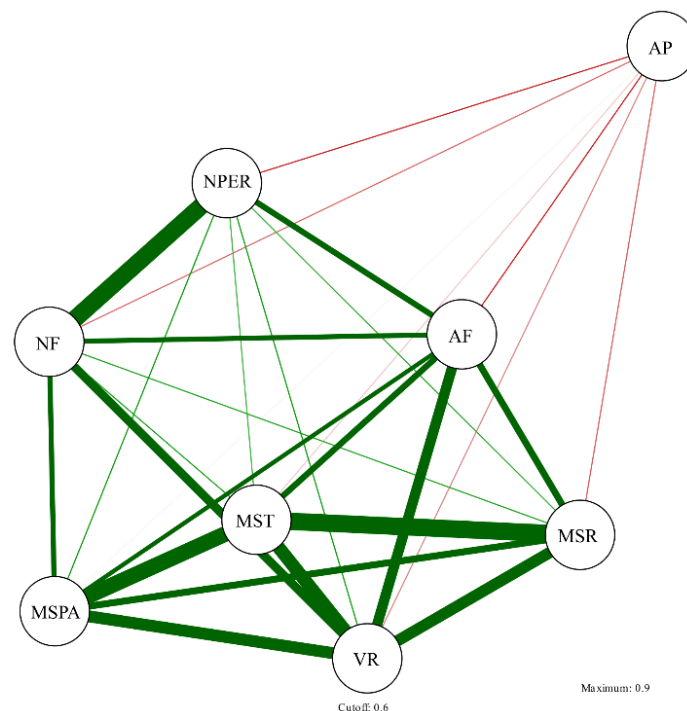
Entre as plantas estudadas em condições semelhantes, *P. glaucum* cv. a ADR 300 apresentou maior crescimento e desenvolvimento, evidenciado pela maior altura da planta (Figura 2). As diferentes características de crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais podem explicar essas diferenças nas características morfológicas das plantas de cobertura. Zuffo et al. (2022) também observaram maior altura da planta em plantas de *P. glaucum* cv. ADR 300. Plantas de *U. ruziziensis* cv. Comuns cultivadas sob condições de controle e cultivadas sob estresse hídrico moderado, apresentaram maior massa seca de raízes, área foliar, número de perfilhos e número de folhas. Os resultados podem ser atribuídos aos hábitos de crescimento das espécies vegetais, onde *P. glaucum* cv. ADR 300 apresenta hábito de crescimento ereto e porte de planta maior, enquanto *U. ruziziensis* cv. apresenta um hábito de crescimento rastejante e mais perfilhos, resultando em um tamanho de planta menor (Petter et al., 2013). O maior potencial de perfilhamento e matéria seca das raízes das plantas de *U. ruziziensis* são importantes para aumentar a absorção de nutrientes e água do perfil do solo. Plantas que possuem um sistema radicular mais extenso são capazes de explorar o perfil do solo com mais eficiência. Landell e Silva (2004) afirmaram que as principais características morfológicas que têm impacto direto no potencial de produção de biomassa da parte aérea são a altura da planta, o diâmetro do caule e a contagem de perfilhos.

Sob condições de estresse hídrico moderados, as plantas de cobertura do gênero *Urochloa* apresentaram maior produção de biomassa da parte aérea do que as plantas de milho (*P. glaucum* cv. ADR 300). Esses resultados mostram maior resiliência à seca para as plantas de *U. brizantha* e *U. ruziziensis* em comparação com o milho, confirmando os resultados relatados por Pacheco et al. (2011).

Esses resultados indicam que as plantas de *U. ruziziensis* têm o maior resiliência à seca em comparação com outras espécies de plantas de cobertura. Portanto, essa espécie de cobertura vegetal deve ser recomendada para o cultivo na entressafra em regiões sujeitas a estresse hídrico moderado ou severo devido a sua maior capacidade de produção de palha para o sistema de produção agrícola.

A maior produção de palha por plantas do gênero *Urochloa* demonstra a maior eficiência dessas espécies como plantas de cobertura para implantação e manutenção do sistema plantio direto na região do Cerrado brasileiro. Esses resultados confirmam os relatados por Timossi et al. (2007), que mostraram que plantas do gênero *Urochloa* têm maior potencial para produção de palha no sistema plantio direto do que plantas de milho. No entanto, Petter et al. (2013) relataram que a palha de milho tem sido mais eficiente para manter a permanência dos resíduos culturais na superfície do solo. Da mesma forma, Pacheco et al. (2011) também mostraram que resíduos de plantas de *P. americanum* e *P. glaucum* têm maior período de persistência na superfície do solo em comparação com palhas de espécies do gênero *Urochloa*.

Com base em nas variáveis morfológicas das plantas de coberturas foi construído uma rede de correlação e verificada as interações entre as variáveis (Figura 2). A análise de correlação reportou associação positiva e altamente significativa entre o número de perfilhos com o número de folhas e com a área foliar; a área foliar com a massa seca radicular, com o volume radicular, a matéria seca total, a matéria seca da parte aérea e o número de folhas; o volume radicular com as matérias secas e número de folha (Figura 2).



**Figura 2.** Redes de correlação ilustrando as correlações de Pearson mais significativas entre as características morfológicas das plantas de cobertura cultivadas em diferentes níveis de estresse hídrico. As linhas mais grossas e verdes representam as correlações positivas mais altas (limiar definido em 0,6 e valores  $p < 0,05$ ). As linhas mais grossas e vermelhas representam as correlações negativas mais altas (limiar definido em 0,6 e valores de  $p < 0,05$ ). Abreviações: AP - altura da planta; NPER - número de perfilhos; NF - número de folhas; AF - área foliar; MSPA - matéria seca da parte aérea; MSR - matéria seca da raiz; MST - matéria seca total; VR - volume da raiz.

Plantas com mais folhas consequentemente tem maior área foliar, e essas características culminam com maior fotossíntese e consequentemente maior produção de fotoassimilados que são translocados para os drenos (perfilhos, raízes, folhas e colmos). Além disso, o sistema radicular relaciona-se positivamente com todas as variáveis, com exceção ao número de perfilhos e a altura de plantas. Com o maior volume radicular há a maior absorção de água e nutrientes que são importantes para o processo de fotossíntese (Taiz et al., 2017).

#### 4. Considerações Finais

As plantas do gênero *Urochloa* (*U. ruziziensis*, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Xaraés) apresentaram maior produção de matéria seca total em condições normais de irrigação. Entretanto, em condições de estresse hídrico moderado a *U. ruziziensis* foi a planta de cobertura com maior resiliência, pois, nessas condições culminaram maiores produções de matéria seca, sendo eficiente na manutenção de sua produção de biomassa sob estresse hídrico severo, o que reforça sua recomendação para o cultivo em regiões sujeitas a tais condições climáticas.

#### 5. Referência,

Almeida, D. S et al. (2018). Can tropical grasses grown as cover crops improve soil phosphorus availability?. *Soil Use and Man.*, 34, 316–325, DOI: 10.1111/sum.12439.

Ben Kalifa, M. L., Vanvolkenburg, H., & Vasseur, L. (2023). Testing cover crop species under three soil moisture conditions in a controlled greenhouse environment. *Can. J. Plant Sci.*, 103, 175–183. DOI: 10.1139/CJPS-2022-0188.

Benincasa, M. P. M. (2003). *Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas*. Editora FUNEP: Jaboticabal, Brazil.

Canalli, L. B. S. (2020). Production and profitability of crop rotation systems in southern Brazil. *Semin. Ciências Agrárias*, 41, 2541–2554. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n6p 2541.

Casaroli, D., Lier, Q. J. (2008). Critérios para determinação da capacidade de vaso. *Rev. Bras. Ciência Solo*, 32, 59–66. DOI: 10.1590/S0100-06832008000100007.

CONAB—Companhia Nacional de Abastecimento (2022). *Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, Safra 2022/23—6° Levantamento*. Companhia Nacional de Abastecimento: Brasília-DF, Brazil, p. 97. Available online: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos> (accessed on 1 April 2023).

Crusciol, C.A.C. et al. (2016). Annual crop rotation of tropical pastures with no-till soil as affected by lime surface application. *Eur. J. Agron.*, 80, 88–104. DOI: 10.1016/j.eja.2016.07.002.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). *Food and Agricultural*. FAOSTA.

Fariaszewska, A. et al. (2020). Physiological and biochemical responses of forage grass varieties to mild drought stress under field conditions. *Int. J. Plant Prod.*, 14, 335–353. DOI: 10.1007/s42106-020-00088-3.

Farshadfar, E.; Poursiahbidi, M. M.; Abooghadareh, A. R. P. (2012). Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. *Int. J. Agric. Crop Sci.*, 4, 891–903.

Gualberto, A. V. S. et al. (2023). Organic C fractions in topsoil under different management systems in Northeastern Brazil. *Soil Syst.*, 7, 1–13. DOI: 10.3390/soilsystems7010011.

Hunter, M. C.; Kemanian, A. R.; Mortensen, D. A. (2021). Cover crops and drought: Maize ecophysiology and yield dataset. *Data Brief*, 35, 106856. DOI: 10.1016/j.dib.2021.106856.

Imakumbili, M. L. E. (2019). Making water stress treatments in pot experiments: An illustrated step-by-step guide. *Heliyon*, 7, e07331. DOI: 10.17504/protocols.io.2xdgf6.

Kim, N. et al. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil Biol. Biochem.*, 142, 107701. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.107701.

Landell, M. G. A., Silva, M. A. (2004). As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. *Visão Agrícola*, 1, 18–23.

Macedo, L. C. P. et al. (2019). Phenology and dry mass production of *Urochloa plantaginea* and *Urochloa platyphylla* submitted to different water quantities in the soil. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 41, e46127. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v41i1.46127.

Nascente, A. S.; Stone, L. F. (2018). Cover crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. *Rice Sci.*, 25, 340–349. DOI: 10.1016/j.rsci.2018.10.004.

Nascimento, V. et al. (2022). Mechanical chiseling and the cover crop effect on the common bean yield in the Brazilian Cerrado. *Agriculture*, 12, 616. DOI: 10.3390/agriculture12050616.

- Nicole, L. R. et al. (2021). Performance of cover crops under two irrigation regimes in the Coastal Tablelands region of Brazil. *Rev. Ceres*, 68, 301–309. DOI: 10.1590/0034-737X202168040007.
- Ntshidi, Z. et al. (2021). Water use of selected cover crop species commonly grown in South African fruit orchards and their response to drought stress. *Phys. Chem. Earth*, 124, 103070. DOI: 10.1016/j.pce.2021.103070.
- Pacheco, L. P. et al. (2013). Development of cover crops under different water levels in the soil. *Afr. J. Agric. Res.*, 8, 2216–2223. DOI: 10.5897/ajar12.1903.
- Pacheco, L. P. et al. (2011). Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. *Rev. Bras. Ciência Solo*, 35, 1787–1799. DOI: 10.1590/S0100-06832011000500033.
- Pariz, C. M. et al. (2020). An innovative corn to silage-grass-legume intercropping system with oversown black oat and soybean to silage in succession for the improvement of nutrient cycling. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 544996. DOI: 10.3389/fsufs.2020.544996.
- Pariz, C. M. et al. (2016). Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. *Agron. J.*, 108, 2541–2553. DOI: 10.2134/agronj2016.02.0082.
- Petter, F. A. et al. (2013). Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. *Semin. Ciências Agrárias*, 34, 3307–3319. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n6supl1p3307.
- Portugal, J. R. et al. (2020). Do cover crops improve the productivity and industrial quality of upland rice? *Agron. J.*, 112, 327–343. DOI: 10.1002/agj2.20028.
- Taiz, L. et al. (2017). *Fisiologia vegetal*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Tardy, F. et al. (2017). Trait-based characterization of soil exploitation strategies of banana, weeds and cover plant species. *PLoS ONE*, 12, 173066. DOI: 10.1371/journal.pone.0173066.
- Timossi, P. C.; Durigan, J. C.; Leite, G. J. (2007). Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. *Bragantia*, 66, 617–622.
- Zuffo, A. M. et al. (2022). Silicon mitigates the effects of moderate drought stress in cover crops. *J. Agron. Crop Sci.*, 208, 887–897. DOI: 10.1111/jac.12548.

## 6. Informações adicionais

### 6.1 Financiamento

Não houve qualquer tipo de financiamento.

### 6.2 Conflitos de interesse

Não há algum conflito de interesse entre a pesquisa apresentada e a vida profissional dos autores.