

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ADAPTABILIDADE, PRODUÇÃO E CICLAGEM DE
NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA**

Guilherme Martins Pessoa

AQUIDAUANA - MS
JANEIRO/2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ADAPTABILIDADE, PRODUÇÃO E CICLAGEM DE
NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA**

Acadêmico: Guilherme Martins Pessoa
Orientador: Matheus Gustavo da Silva

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)”.

AQUIDAUANA - MS
JANEIRO/2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos que contribuíram para a realização desta dissertação de mestrado.

Primeiramente, aos meus pais, Antônio e Tereza, por todo o amor, apoio e incentivo que me deram ao longo desta jornada. Vocês são a minha maior inspiração.

À minha namorada, Brenda, agradeço por estar sempre ao meu lado, me apoiando e me encorajando nos momentos mais desafiadores.

Aos meus amigos, Matheus, Stephany, Artur, Gabriel e Gabriele, agradeço pela amizade, pelos momentos de descontração e pelas discussões produtivas que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao meu orientador, Matheus Gustavo, agradeço pela orientação precisa, pelo conhecimento compartilhado e pela paciência durante todo o processo.

Aos meus colegas de laboratório, agradeço pela colaboração, pelo espírito de equipe e pela troca de experiências que enriqueceram este trabalho.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao técnico de laboratório, Gustavo, pelo suporte técnico imprescindível e pela disposição em sempre ajudar.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao CNPq pela bolsa concedida. Este apoio financeiro foi fundamental para a realização desta pesquisa e para o meu desenvolvimento acadêmico. Agradeço pela confiança depositada em meu trabalho e pelo investimento na ciência.

Este trabalho é o resultado do esforço coletivo de todos vocês. Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	1
PALAVRAS-CHAVE	1
ABSTRACT	1
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	2
1. Plantas de cobertura	2
1.1. Aveia preta	3
1.2. Capim Sudão	4
1.3. Crotalária juncea	5
1.4. Crotalária Spectabilis	5
1.5. Feijão-de-porco	6
1.6. Feijão guandu	6
1.7. Nabo Forrageiro	7
1.8. Sorgo	8
1.9. Braquiária	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2 - ACÚMULO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA NA REGIÃO DE AQUIDAUANA.	14
RESUMO	14
PALAVRAS-CHAVE	14
ABSTRACT	14
KEYWORDS	15
2.1 INTRODUÇÃO	15
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
2.4 CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 **RESUMO**

2 As plantas de cobertura ou adubos verdes, como são chamadas, comumente utilizadas em
3 sistemas de rotação de culturas e plantio direto, são essenciais para a melhoria da
4 qualidade do solo. Elas contribuem para a redução da erosão, aumento da matéria
5 orgânica, melhoria das características físicas do solo, promoção da ciclagem de nutrientes
6 e aumento da fertilidade do solo. Além disso, favorecem a presença de microrganismos
7 benéficos e podem reduzir o uso de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas. A
8 escolha das plantas de cobertura deve considerar a produção de biomassa, crescimento
9 rápido, adaptação a condições adversas, sistemas radiculares vigorosos e capacidade de
10 absorver água e acumular nutrientes. A disponibilidade de nutrientes no solo é
11 influenciada pelo tempo de decomposição das plantas após serem dessecadas, sendo que
12 plantas com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) têm uma taxa de decomposição menor,
13 liberando nutrientes gradualmente. Entre essas plantas de cobertura as gramíneas são
14 potencialmente úteis nas regiões do cerrado durante as entressafras, devido à resistência
15 ao estresse hídrico, decomposição lenta e alta produção de biomassa e sistema radicular.
16 As leguminosas também são recomendadas como plantas de cobertura na entressafra,
17 especialmente para reduzir gastos com fertilizantes nitrogenados, devido à sua relação
18 simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio e sua baixa relação C/N. No cerrado,
19 onde os solos são caracterizados elevada acidez e baixo conteúdo de matéria orgânica e
20 fertilidade, as plantas de cobertura podem trazer melhorias significativas ao solo.
21 Portanto, as plantas de cobertura são uma estratégia promissora para a melhoria da
22 qualidade do solo em sistemas agrícolas.

23
24 **PALAVRAS-CHAVE:** rotação de culturas, leguminosas, forrageiras, relação C/N,
25 adubos verdes.

27 **ABSTRACT**

28 Cover crops or green manures, as they are called, commonly used in crop rotation and
29 no-till systems, are essential for improving soil quality. They contribute to reducing
30 erosion, increasing organic matter, improving soil physical characteristics, promoting
31 nutrient cycling and increasing soil fertility. In addition, they favor the presence of
32 beneficial microorganisms and can reduce the use of chemical fertilizers and pesticides.
33 The choice of cover crops should consider biomass production, fast growth, adaptation to
34 adverse conditions, vigorous root systems and ability to absorb water and accumulate
35 nutrients. The availability of nutrients in the soil is influenced by the decomposition time
36 of the plants after they are desiccated, with plants with a high carbon/nitrogen (C/N) ratio
37 having a lower decomposition rate, releasing nutrients gradually. Among these cover
38 crops, grasses are potentially useful in the cerrado regions during the off-season, due to
39 their resistance to water stress, slow decomposition and high biomass and root system
40 production. Legumes are also recommended as cover crops in the off-season, especially
41 to reduce costs with nitrogen fertilizers, due to their symbiotic relationship with nitrogen-
42 fixing bacteria and their low C/N ratio. In the cerrado, where soils are characterized by
43 high acidity and low organic matter content and fertility, cover crops can bring significant
44 improvements to the soil. Therefore, cover crops are a promising strategy for improving
45 soil quality in agricultural systems.

46
47 **KEYWORDS:** crop rotation, legumes, forage crops, C/N ratio, green manures.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Plantas de cobertura

As culturas ou plantas de cobertura são amplamente utilizadas no sistema de plantio direto (SPD) para melhoria física, química e biológica na qualidade do solo (SILVA et al., 2021). Podem ser utilizadas espécies da família *Brassicaceae*, gramíneas forrageiras e adubos verdes, para compor as plantas de cobertura (SILVA et al., 2021; HANSEN et al., 2023).

Para a inserção das plantas de cobertura em sistemas produtivos, ao escolhê-las deve-se levar em consideração critérios como elevada produção de biomassa, rápido crescimento para maior cobertura do solo, adaptabilidade em condições adversas, crescimento rápido, sistema radicular vigoroso e de acumular nutrientes (SILVA et al., 2021).

Os benefícios mais relatados são redução dos processos erosivos, incorporação e acervo de matéria orgânica, melhoria nas propriedades físicas como a descompactação do solo, promoção de ciclagem de nutriente promovendo o aumento da fertilidade do solo, e maior presença dos microrganismos, principalmente fungos solubilizadores de fósforo e bactérias que fixam nitrogênio (SILVA et al., 2021). Além disso, pode ajudar a reduzir o uso de fertilizantes químicos e pesticidas, trazendo benefícios tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente (FRASCA et al., 2021).

Normalmente, os benefícios supracitados ocorrem de forma cadenciada, podendo ser observado a curto ou longo prazo, principalmente devido a relação C/N, precipitação e temperatura, que pode acelerar ou desacelerar a decomposição, assim os nutrientes podem ser prontamente disponíveis ou estarem imobilizados tornando-se não acessíveis as culturas seguintes (ABRANCHES et al., 2021).

Em relação a disponibilidade de nutrientes ao solo, deve-se levar em consideração o tempo de decomposição após serem dessecadas (SILVA et al., 2021). Sabe-se que esse processo é influenciado por vários fatores como o clima, atividades dos microrganismos no local e pela composição das plantas (PERIN et al., 2015). Plantas com alta relação Carbono: Nitrogênio (C/N) a taxa de decomposição é menor, ou seja, os nutrientes são disponibilizados gradualmente e essas são preferíveis para manter a cobertura do solo, já as plantas que possuem baixa relação C/N a decomposição é mais

1 acelerada, sendo indicada para ciclagem de nutrientes devido ao elevado teor de
2 nitrogênio (TEIXEIRA et al., 2011).

3 As gramíneas têm potencial para serem utilizadas entressafras nas regiões do
4 cerrado, devido a resistência ao estresse hídrico, apresentarem decomposição lenta, e pela
5 produção elevada do sistema radicular e da biomassa (PACHECO et al., 2011; SILVA et
6 al., 2021). Tem-se como exemplo as seguintes espécies como gramíneas de cobertura:
7 aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), e braquiária ruziziensis (*Urochloa brizantha*),
8 capim sudão [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.] e sorgo [*Sorghum bicolor* (L.)
9 Moench].

10 Há também recomendação das plantas leguminosas como plantas de cobertura
11 na entressafra, especialmente quando se procura reduzir gastos com fertilizantes
12 nitrogenados, pois as mesmas possuem relação simbiótica com bactérias fixadoras de
13 nitrogênio (SILVA et al., 2021). Tem-se as seguintes espécies como leguminosas de
14 cobertura: feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) DC], feijão guandu [*Cajanus cajan*
15 (L.) Millsp.], crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth.), crotalária juncea
16 (*Crotalaria juncea* L.).

17 Assim, as plantas de cobertura podem ser promissoras, trazendo melhorias ao
18 solo, especialmente para os Cerrados, que têm solos caracterizados pela acidez elevada,
19 baixo conteúdo de matéria orgânica e fertilidade do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO,
20 2013).

21 A meta primordial da agricultura contemporânea consiste em assegurar que os
22 sistemas de produção sejam equilibrados, produtivos, competitivos e sustentáveis a longo
23 prazo. Para alcançar tal objetivo, é crucial identificar sistemas capazes de integrar e
24 incrementar a biodiversidade, diversificar a produção, utilizar de maneira equilibrada,
25 reciclar e aproveitar nutrientes, além de manter e/ou recuperar os atributos químicos,
26 físicos e biológicos do solo. Nesse contexto, é de suma importância compreender a cultura
27 que se pretende cultivar e suas características, com o intuito de maximizar a produção.
28 (SILVA et al., 2021; CALEGARI, 2023).

29

30 **1.1. Aveia preta**

31 A aveia preta é uma cultura de inverno pertencente à família Poaceae,
32 reconhecida pela sua rusticidade, adaptabilidade aos diferentes tipos de solos, tolerância
33 à alta acidez (SILVA et al., 2021) e resistência a frio e geadas, o que permite ser cultivadas
34 durante o inverno em quase todo Brasil (ALIANÇA et al., 2021).

1 Dentre os cereais de inverno, a aveia preta é a que apresenta o ciclo mais precoce
2 em torno de 98 a 105 dias, resultado do seu rápido crescimento inicial (SILVA et al.,
3 2009; ALIANÇA et al., 2021). Essa cultura apresenta elevada produção de biomassa,
4 estima-se uma produção entre 700 a 1.500 kg/ha de massa seca acumulada até a oitava
5 semana após a emergência (SANTOS et al., 2009; SILVA et al., 2021). A dessecação é
6 indicada no estágio de florescimento, quando há maior produção de massa (ALIANÇA
7 et al., 2021). Durante o período de crescimento a cultura pode produzir em torno até 6 t
8 ha⁻¹ de massa seca (SANTOS et al., 2009).

9 O sistema radicular é profundo favorecendo a captura de nutrientes do solo e
10 redução do uso de fertilizantes químicos, é também utilizada no controle de plantas
11 daninhas reduzindo assim a necessidade de herbicidas (ALIANÇA et al., 2021; SILVA
12 et al., 2021). Além disso, pode atuar na redução da população de patógenos que afetam
13 cereais como trigo, cevada, triticale e centeio (SANTOS et al., 2009).

14 A semeadura da aveia preta é comumente realizada nos meses de março e abril
15 após a colheita da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], com intuito de manter cobertura verde
16 no solo, vindo ser usada como cobertura morta para a semeadura do milho (*Zea mays* L.)
17 (ALIANÇA et al., 2021).

19 **1.2. Capim Sudão**

20 O capim-sudão pertence à família Poaceae, e é tida como gramínea de verão de
21 ciclo anual. Essa forrageira possui rápido crescimento chegando aos 3 metros de altura,
22 com elevada capacidade de perfilhamento (MAY et al., 2011). O sistema radicular é
23 composto por raízes longas e fibrosas que permite que haja resistência ao estresse hídrico,
24 tolerância a salinidade, e rusticidade em solos com restrições nutricionais (MAY et al.,
25 2011; CARVALHO et al., 2022).

26 A época de semeadura está entre os meses de outubro a janeiro, e o ciclo de
27 produção é longo com florescimento previsto de 80 a 120 dias. Estima-se a faixa de 30 a
28 50 t ha⁻¹ de biomassa produzida, e quanto a massa seca situa-se entre 15 a 20 t ha⁻¹. A
29 limitação para a produção está associado a locais de alta umidade (CARVALHO et al.,
30 2022).

31 Os benefícios dessa gramínea atuam nos aspectos químico, físico e biológico do
32 solo. Quanto a química do solo, a ciclagem de nutriente promove o aumento da fertilidade
33 do solo, resultado da absorção dos nutrientes das camadas subsuperficial (CARVALHO
34 et al., 2022).

1 No aspecto físico, a alta relação C:N permite que a decomposição do capim-
2 sudão seja mais lenta, possibilitando maior tempo de cobertura com a palhada, assim tem-
3 se uma proteção contra erosões tanto eólica como hídrica, além de manter a umidade. A
4 presença do material vegetal sobre o solo aumenta a atividade microbiana no local,
5 influenciando assim o aspecto biológico (CARVALHO et al., 2022).

6 7 **1.3. Crotalária juncea**

8 O gênero *Crotalaria sp.* pertence à família *Fabaceae*, e tem como principais
9 espécies a crotalária *spectabilis*, *juncea* e *ochroleuca*, todas com alta produtividade de
10 matéria seca, inclusive quando implantadas em solos de baixa fertilidade (AMADO et al.,
11 2023).

12 A crotalária *juncea* comumente é cultivada nas entressafras por
13 aproximadamente 90 dias, procedendo-se com seu manejo durante o seu período de
14 floração, utilizando roçadeiras, rolo-facas ou herbicida (WILDNER, 2023).

15 Essa leguminosa tem sido utilizada como adubo verde nos Cerrados, alcançando
16 produtividades de matéria seca entre 19,7 e 11,4 t ha⁻¹, no primeiro e segundo ano de
17 cultivo (SILVA et al., 2017). Os autores ainda ressaltam que dependendo da cultura
18 implantada em sequência, pode haver grande extração/exportação de nutrientes, o que
19 reduziu a produtividade de matéria seca de crotalária.

20 A crotalária *juncea* está entre as espécies com maior potencial de extração dos
21 nutrientes N, P, K, Mg, B, Mn e Zn do solo, devido ao seu teor elevados dos nutrientes
22 citados e o seu acúmulo de matéria seca (FONTANÉTTI et al., 2006).

23 24 **1.4. Crotalária Spectabilis**

25 A crotalária *spectabilis* é uma planta de ciclo anual de primavera-verão, sendo
26 sua época ideal de plantio de outubro a novembro. Pertencente à família *Fabaceae*, essa
27 leguminosa possui o hábito arbustivo e ereto podendo chegar até 1,5 m de altura, com
28 raízes pivotantes e profundas (SHIL; MITRA; PANDEY, 2018).

29 No Brasil a crotalária *spectabilis* foi introduzida para a produção de fibras, mas
30 difundiu-se como planta condicionadora do solo (BURLE et al., 2006). Suas raízes além
31 de servirem como uma espécie de arado natural rompendo camadas compactadas do solo,
32 ela também produz exsudatos que apresentam efeito nematicida, inibindo a
33 movimentação de *Meloidogyne incognita* no solo (SILVA, 2012; WUTKE et al., 2023).

1 É preferível evitar o cultivo da crotalária *spectabilis* em áreas que tenham
2 histórico do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco ou da podridão-
3 branca, pois é extremamente prejudicial à cultura, e em áreas com animais herbívoros,
4 visto que a crotalária *spectabilis* apresenta toxinas nas sementes, folhas e no caule,
5 prejudicial para a alimentação animal (WUTKE et al., 2023).

6 O seu acúmulo máximo acontece aos 158 dias após a emergência, sendo a época
7 de maior quantidade de biomassa e melhor período para realização do corte (MAUAD et
8 al., 2019), com produção de matéria verde variando de 20 a 30 t ha⁻¹, a crotalária
9 *spectabilis* ainda tem elevados níveis de extração dos elementos N, P, K, MG, S, B, Cu e
10 Mn (CAVALCANTE et al., 2012). Além de possuir uma baixa relação C/N que favorece
11 a decomposição e a ciclagem desses nutrientes (CARVALHO et al., 2022).

13 **1.5. Feijão-de-porco**

14 O feijão-de-porco é uma planta rústica que consegue adaptar-se bem em
15 condições adversas, como por exemplo solos pouco férteis e baixa disponibilidade
16 hídrica. Essa planta pertencente à família a *Fabaceae* tem aptidão na fixação biológica de
17 nitrogênio e alta produção de biomassa (AMADO et al., 2023).

18 Essa leguminosa apresenta uma série de outros benefícios, como o controle de
19 plantas daninhas, que aos 60 dias após a emergência o feijão-de-porco conseguiu cobrir
20 90% do solo, mostrando que é uma eficiente opção na supressão de plantas infestantes
21 (CANTANHEDE et al. 2018). Outro mecanismo de controle é o efeito alelopático sendo
22 o exemplo mais conhecido a tiririca (*Cyperus rotundus* L.) (AMADO et al., 2023).

23 O acúmulo de massa seca descrito na literatura para o feijão-de-porco está entre
24 5,0 e 12,6 t ha⁻¹, associado ao fato de que o feijão-de-porco tem alto teor de nitrogênio e
25 cálcio, contribui para essa leguminosa ter valores elevados de acúmulo de nitrogênio,
26 cálcio (FONTANÉTTI et al., 2006; PEREIRA et al., 2017; BOLONHEZI; BOLONHEZI;
27 CARLOS, 2023)

29 **1.6. Feijão guandu**

30 O feijão guandu, uma espécie arbustiva de ciclo anual, apresenta um crescimento
31 determinado que, embora inicialmente lento, prospera efetivamente em temperaturas que
32 variam de 18 a 30 °C. Este desenvolvimento é particularmente notável durante o período
33 propício para seu plantio, que se estende de outubro a janeiro. (RODRIGUES et al., 2004;
34 WUTKE et al., 2023).

1 O guandu é uma leguminosa que possui um excelente potencial como planta
2 recuperadora do solo e mobilizadora de nutrientes, especialmente em áreas degradadas.
3 Sua raiz, de natureza pivotante e desenvolvimento profundo, atua como um “subsolador
4 biológico”, capaz de romper camadas compactadas do solo e desfazer o que é conhecido
5 como pé de grade ou pé de arado. (WUTKE et al., 2023).

6 De origem subtropical, a planta se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade
7 e é muito responsiva à adubação, demonstrando um potencial notável para a produção de
8 biomassa mesmo em situações de baixa precipitação pluviométrica. Esta resistência e
9 capacidade de prosperar sob condições adversas tornam-na adequada para cultivo em
10 diversas regiões do Brasil, desde o Sul até o Nordeste. No entanto, é importante ressaltar
11 que a planta não tolera encharcamento. Essas características destacam sua adaptabilidade
12 e resiliência, contribuindo para sua eficácia como uma cultura de recuperação do solo
13 (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; RODRIGUES et al., 2004; CALEGARI;
14 TAIMO, 2005).

15 A produção do feijão guandu apresenta uma variação considerável, com 15 a 30
16 t ha⁻¹ de matéria verde e 5 a 18 t ha⁻¹ de matéria seca. Além disso, esta planta demonstra
17 uma notável capacidade de fixação de nitrogênio, variando de 41 a 280 kg ha⁻¹ por ano.
18 Uma característica distintiva do feijão guandu é a produção de exsudatos em suas raízes,
19 que possuem a capacidade de solubilizar fósforo e ferro no solo (WUTKE et al., 2023).

21 **1.7. Nabo Forrageiro**

22 O nabo forrageiro, membro da família Brassicacea, é reconhecido como uma
23 eficiente planta de cobertura de inverno, devido à sua capacidade de produzir grandes
24 quantidades de biomassa (SILVA et al., 2021). Seu crescimento inicial é caracterizado
25 por um rápido desenvolvimento ereto com várias ramificações, proporcionando uma
26 cobertura total do solo entre 50 a 80 dias após a semeadura (CARVALHO et al., 2022;
27 HANSEN et al., 2023). Quanto ao seu ambiente de desenvolvimento, o nabo forrageiro é
28 pouco exigente em relação à fertilidade do solo e demonstra tolerância ao estresse hídrico,
29 solos ácidos e ao frio (HANSEN et al., 2023).

30 O nabo forrageiro são plantas de rápida decomposição e liberação de nutrientes,
31 reportam a produção de massa seca de 5,59 t ha⁻¹, com todos os macronutrientes tendo a
32 maior taxa de liberação aos 15 dias após o manejo, sendo o K, P e Mg os primeiros a
33 serem liberados pelo nabo forrageiro (HEINZ et al. 2011). O sistema radicular alcança
34 elevadas profundidades conseguindo descompactar o solo e melhorar a infiltração de

1 água. O controle a plantas daninhas pode ocorrer pela supressão de plantas espontânea
2 devido a cobertura do solo pelo nabo forrageiro, reduzindo assim o uso de herbicidas
3 (HANSEN et al., 2023). Ou pode ser através do efeito alelopático, tendo como exemplo
4 o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) (AMADO et al., 2023).

5 Em virtude de seus benefícios, o nabo forrageiro é frequentemente utilizado na
6 entressafra como cultura de cobertura, sendo dessecado no florescimento para aproveitar
7 o maior acúmulo de massa seca. Isso deixa nutrientes disponíveis para a cultura
8 subsequente (HANSEN et al., 2023). Além disso, é recomendado o seu plantio em
9 conjunto com uma forrageira, a fim de que a palhada permaneça por mais tempo no solo,
10 proporcionando benefícios adicionais. (CARVALHO et al., 2022).

11 12 **1.8. Sorgo**

13 O sorgo-granífero ou sorgo-forrageiro pertence à família *Poaceae*, e destaca-se
14 pela sua ampla utilidade como corte verde, silagem, consumo humano e animal (SILVA
15 et al., 2021; CARVALHO et al., 2022). Essas plantas são gramíneas de ciclo anual,
16 adaptadas há diferentes regiões do país (SILVA et al., 2021; WUTKE et al., 2023).

17 O sorgo-forrageiro é conhecido pela sua rusticidade, sendo tolerante ao déficit
18 hídrico em longos períodos de seca (WUTKE et al., 2023). Seu sistema radicular é
19 vigoroso e profundo sendo composto por raízes seminais e adventícia resistente, que
20 podem ser usadas no processo de descompactação do solo (CARVALHO et al., 2022;
21 SILVA et al., 2021), além de possuir hábito crescimento ereto, com alta produção de
22 biomassa na parte aérea, e a decomposição dessa palhada ocorre lentamente devido a
23 elevada relação C:N, permitindo que o solo fique coberto por mais tempo (CARVALHO
24 et al., 2022).

25 A matéria seca produzida pelo sorgo situa-se entre 4 t ha⁻¹ a 10 t ha⁻¹. Essa
26 matéria se decompõe de forma lenta no solo disponibilizando N, P e K que deram
27 disponibilizados aos poucos e de forma lenta para a cultura subsequente, esses nutrientes
28 podem ser observados aos 99 dias após o manejo com valores próximos de 90 kg ha⁻¹, 20
29 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente (BERTOLINI et
30 al., 2019; WUTKE et al., 2023).

31 32 **1.9. Braquiária**

33 A braquiária ruziziensis pertence à família *Poaceae* e gênero *Urochloa*, as
34 gramíneas chamadas de braquiária são muito utilizadas em sistema de plantio direto, e na

1 interação lavoura-pecuária. Devido ao seu habito de crescimento ser semiereto, com
2 grande produção de biomassa de alta relação C:N ela é muito utilizada como cultura de
3 cobertura e em consorcio com outas culturas (CARVALHO et al., 2022)

4 A utilização da *brachiaria ruzizensis* durante a entressafra é uma prática comum,
5 atuando como uma cultura de cobertura. Esta estratégia tem como objetivo proteger o
6 solo contra a erosão, controlar a proliferação de plantas daninhas e contribuir para a
7 adição de matéria orgânica ao solo. Esta matéria orgânica é proveniente tanto das raízes
8 quanto da parte aérea da planta em decomposição. Este processo favorece a cultura
9 subsequente, proporcionando um ambiente mais propício para o seu desenvolvimento
10 (ALVES et al., 2013; CARVALHO et al., 2022).

11 A *Brachiaria ruzizensis*, embora não seja resistente a geadas, apresenta um
12 desempenho notável em regiões tropicais e subtropicais. Além disso, está espécie tem a
13 capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade ou mesmo em condições de
14 déficit hídrico. Esta adaptabilidade faz da *Brachiaria ruzizensis* uma opção viável para
15 diversas condições ambientais (PACHECO et al., 2008; CARVALHO et al., 2022).

16 A *Brachiaria ruzizensis* é geralmente semeada entre os meses de novembro e
17 fevereiro. Aproximadamente 50 dias após a semeadura, a planta começa a florescer.
18 Durante esse período, ela é capaz de acumular uma quantidade significativa de biomassa,
19 variando de 27 a 40 t ha⁻¹. Para maximizar a produção de biomassa, é recomendado
20 realizar a dessecação mais tarde. Essa estratégia permite que a planta tenha mais tempo
21 para crescer e produzir biomassa antes de ser dessecada (CECCON et al., 2015;
22 CARVALHO et al., 2022).

1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2
3 ABRANCHES, M. O.; SILVA, G. A. M.; SANTOS, L. C.; PEREIRA, L. F.; FREITAS,
4 G. B. de. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e
5 biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and**
6 **Development**, Itabira - MG, v. 10, n. 7, p. 1–17, 2021.

7
8 ALIANÇA, J. C. A.; CARVALHO, I. Q CARBONARE, M. S. D. C.; PEREIRA, E. A.;
9 HANISCH, A. L. Aveias forrageiras e de cobertura do solo. In: DANIELOWSKI, R.;
10 CARAFFA, M.; MORAES, C. S.; LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de (org.).
11 **Informações técnicas para a cultura de aveia**. Três de Maio - RS: SETREM, 2021. p.
12 118–128.

13
14 ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha
15 consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da Soja em sucessão. **Revista**
16 **Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas - MG, v. 12, n. 3, p. 280–292, 2013.

17
18 AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies
19 de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos
20 Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro - RJ, v. 35, n. 1, p. 47–54,
21 2000.

22
23 AMADO, T. J. C.; FIORIN, J. E.; ARNS, U.; NICOLOSO, R. S.; FERREIRA, A. O.
24 Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: LIMA FILHO,
25 O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação**
26 **verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2023. v. 2, p.
27 80–127.

28
29 BERTOLINI, A.; FINCO, D.; NORA, T. J.; OMIZZOLLO, R.; SORDI, A.; KLEIN, C.
30 Cobertura de solo e taxa de ciclagem de nutrientes em plantas de cobertura de verão no
31 oeste de Santa Catarina. **Unoesc e Ciência - ACET**, Joaçaba - SC, v. 10, n. 2, p. 83–91,
32 2019.

33
34 BOLONHEZI, D.; BOLONHEZI, A. C.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e rotação
35 de culturas para cana-de-açúcar. In: LIMA FILHO, O. F AMBROSANO, E. J.; WUTKE,
36 E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no**
37 **Brasil**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2023. v. 2, p. 131–172.

38
39 BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das
40 espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M AMABILE, R. F. (org.). **Cerrado:**
41 **adubação verde**. 1. ed. Planaltina - DF: Embrapa cerrados, 2006. p. 71–142.

42
43 CALEGARI, A.; TAIMO, J. P. C. **Guia prático de agricultura de conservação**.
44 Londrina - PR: PROMEC, 2005.

45
46 CALEGARI, A. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. In: LIMA FILHO, O.
47 F. DE; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação**
48 **verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa Agropecuária
49 Oeste, 2023. v. 1, p. 17–34.

50

- 1 CANTANHEDE, J. D.; MARINHO, T. R. S.; ALVES, G. L.; JESUS, A. C. SANTOS, R.
2 F MALHEIROS, M. R. Green fertilizers in the suppression of spontaneous plants.
3 **Caderno de Agroecologia**, Brasília - DF, v. 13, n. 1, p. 1–6, 2018.
4
- 5 CARVALHO, M. L.; VANOLLI, B. S.; SCHIEBELBEIN, B. E.; BORBA, D. A.; LUZ,
6 F. B.; CARDOSO, G. M.; BORTOLO, L. S.; MAROSTICA, M. E. M.; SOUZA, V. S.
7 **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde**
8 **do solo**. Piracicaba - SP: Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura
9 “Luiz de Queiroz”, 2022. p. 9 – 64.
10
- 11 CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.;
12 SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de
13 cobertura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande -
14 PB, v. 16, n. 5, p. 521–528, 2012.
15
- 16 CECCON, G.; CONCENÇO, G.; BORGHI, E.; DUARTE, A. P.; SILVA, A. F.; KAPPES,
17 C.; ALMEIDA, R. E. M. **Implantação e manejo de forrageiras em consórcio com o**
18 **milho safrinha**. 1. ed. Dourados - MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. p. 34.
19
- 20 COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel
21 na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, Jandaia -
22 GO, v. 9, n. 17, p. 1842–1860, 2013.
23
- 24 FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES,
25 S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e
26 repolho. **Horticultura brasileira**, Brasília - DF, v. 24, n. 2, p. 146–150, 2006.
27
- 28 FRASCA, L. L. M.; SILVA, M. A.; REZENDE, C. C.; FARIA, D. R.; LANNA, A. C.;
29 FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. Utilização de plantas de
30 cobertura como alternativa de manejo sustentável. **Revista científica multidisciplinar**,
31 Angola, v. 2, n. 7, p. 1–14, 2021.
32
- 33 HANSEN, P. H.; SILVA, D. M.; LANZANOVA, L. S.; GUERRA, D.; LANZANOVA,
34 M. E.; SOUZA, E. L.; BOHRER, R. E. G. Nabo forrageiro: potencialidades da espécie
35 como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa.
36 **Research, society and development**, Itabira - MG, v. 12, n. 2, p. 1–12, 2023.
37
- 38 HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A.
39 M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais
40 de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v. 41, n. 9, p. 1549–1555,
41 2011.
42
- 43 MAUAD, M.; SANTANA, R. S.; CARLI, T. H.; CARLI, F.; VITORINO, A. C. T.;
44 MUSSURY, R. M.; RECH, J. Dry matter production and nutrient accumulation in
45 *Crotalaria spectabilis* shoots. **Journal of Plant Nutrition**, United States, v. 42, n. 6, p.
46 615–625, 2019.
47
- 48 MAY, A.; ALBURQUERQUE FILHO, M. R.; RODRIGUES, J. A. S.; LANDAU, E. C.;
49 PARRELA, R. A. C.; MASSAFERA, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro**
50 **na safra 2011/2012**. 1. ed. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

- 1
2 PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.;
3 COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e
4 liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária**
5 **Brasileira**, Rio de Janeiro - RJ, v. 46, n. 1, p. 17–25, 2011.
- 6
7 PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.;
8 CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobre
9 semeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio De Janeiro - RJ,
10 v. 43, n. 7, p. 815–823, 2008.
- 11
12 PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.;
13 HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de**
14 **Ciências Agrárias**, Curitiba - PR, v. 40, n. 4, p. 799–807, 2017.
- 15
16 PERIN, A.; CRUVINEL, D. A.; FERREIRA, H. S.; MELO, G. B.; LIMA, L. E.;
17 ANDRADE, J. W. S. Decomposição da palhada e produção de repolho em sistema plantio
18 direto. **Global Science and Technology**, Rio Verde - GO, v. 8, n. 2, p. 153–159, 2015.
- 19
20 RODRIGUES, A. A.; SANTOS, P. M.; GODOY, R.; NUSSIO, C. M. B. **Utilização de**
21 **guandu na alimentação de novilhas leiteiras**. 1. ed. São Carlos - SP: Embrapa - Circular
22 técnica, 2004.
- 23
24 SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; OLIVEIRA, J. T. Gramíneas
25 anuais de inverno. In: FORTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.
26 **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 1.
27 ed. Passo Fundo - MS: Embrapa Trigo, 2009. p. 41–78.
- 28
29 SHIL, S.; MITRA, J.; PANDEY, S. K. J. R. J. A new sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.)
30 variety for high yielding and superior quality fibre. **Journal of Pharmacognosy and**
31 **Phytochemistry**, New Delhi, v. 7, n. 4, p. 2354–2357, 2018.
- 32
33 SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA,
34 A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na
35 agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, v. 56, n. 4, p. 496–506, 2009.
- 36
37 SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G.
38 V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.;
39 CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de
40 plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and**
41 **Development**, Itabira - MG, v. 10, n. 3, p. 1–9, 2021.
- 42
43 SILVA, J. C. P. DA. **Toxicidade de compostos orgânicos voláteis de *Cymbopogon***
44 ***nardus*, *Piper nigrum*, *Brassica oleracea*, *Helianthus annuus* e *Bertholletia excelsa* a**
45 ***Meloidogyne incognita***. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia)
46 - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2012.
- 47
48 SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. M.; REZENDE, C. C.; FERREIRA,
49 E. A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M. C.
50 Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas

- 1 comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, Itabira - MG, v. 10, n. 12,
2 p. 1–11, 2021.
- 3
- 4 SILVA, M. S.; OLIVEIRA, G. R. F.; MERLOTI, L. F.; SÁ, M. E. Acúmulo de nutrientes
5 e massa seca produzida por *Crotalaria juncea* cultivada no cerrado. **Brazilian Journal**
6 **of Biosystems Engineering**, Tupã - SP, v. 11, n. 1, p. 26–36, 2017.
- 7
- 8 TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e
9 liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira**
10 **de Ciência do Solo**, Campinas - SP, v. 35, n. 3, p. 867–876, 2011.
- 11
- 12 WILDNER, L. do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA
13 FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D.
14 (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 3. ed. Brasília - DF: Embrapa,
15 2023. v. 3, p. 17–40.
- 16
- 17 WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDER, L. P.; AMBROSANO, E. J.; ESTEVES, J.
18 A. F. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. In:
19 LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A.
20 D. (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF:
21 Embrapa, 2023. v. 1, p. 55–173.
- 22

1 **CAPÍTULO 2 - ACÚMULO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES PLANTAS DE**
2 **COBERTURA NA REGIÃO DE AQUIDAUANA.**

3

4 **RESUMO**

5 Este trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade de matéria seca e a quantidade
6 de acúmulo de nutrientes gerados por diferentes plantas de cobertura na região de
7 Aquidauana. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Mato Grosso do
8 Sul - Unidade Universitária de Aquidauana. O delineamento experimental utilizado foi
9 em blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram
10 compostos pelo cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*), braquiária ruziziensis (*Urochloa*
11 *ruziziensis*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*),
12 crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*),
13 feijão guandu (*Cajanus cajan*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), sorgo (*Sorghum*
14 *bicolor* L.) e o pousio (área onde plantas espontâneas serviram como cobertura do solo). Foram
15 avaliados nas plantas de cobertura sua produtividade de matéria verde e seca, teores e
16 acúmulos dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro,
17 cobre, ferro, manganês e zinco. A crotalária juncea e o feijão-de-porco tiveram maior
18 produtividade de matéria verde e seca, e maiores valores nos acúmulos de nitrogênio,
19 cálcio, magnésio, enxofre. A crotalária juncea, feijão-de-porco e feijão guandu tiveram
20 os maiores acúmulos de fósforo, enquanto apenas o feijão-de-porco teve o maior acúmulo
21 de boro. A aveia preta, capim sudão, crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão-de-
22 porco e feijão guandu tiveram os maiores valores de acúmulo de cobre, manganês e zinco.
23 Quanto ao elemento ferro as culturas supracitadas com a adição do nabo forrageiro foram
24 os tratamentos com os valores mais altos. Dessa forma é possível concluir que as culturas
25 que melhor se adaptaram a região de Aquidauana foram a crotalária juncea e o feijão-de-
26 porco, por sua elevada produção de matéria seca e ter elevado acúmulo todos os macros
27 e micronutrientes avaliados neste trabalho.

28

29 **PALAVRAS-CHAVE:** crotalária juncea, feijão-de-porco, macro e micronutrientes,
30 Culturas de cobertura.

31

32 **ABSTRACT**

33 This work aims to evaluate the dry matter productivity and the amount of nutrient
34 accumulation generated by different cover crops in Aquidauana region. The experiment
35 was conducted at Mato Grosso do Sul State University- Aquidauana University Unit. The
36 experimental design used was randomized blocks with ten treatments with four
37 repetitions. The treatments consisted of the cultivation of black oat (*Avena strigosa*),
38 ruziziensis grass (*Urochloa ruziziensis*), sudan grass (*Sorghum sudanense*), sunn hemp
39 (*Crotalaria juncea*), showy rattlebox (*Crotalaria spectabilis*), jack bean (*Canavalia*
40 *ensiformis*), pigeon pea (*Cajanus cajan*), forage radish (*Raphanus sativus* L.), sorghum
41 (*Sorghum bicolor* L.) and fallow (area where spontaneous plants served as soil cover).
42 The cover crops were evaluated for their green and dry matter productivity, contents and
43 accumulations of the nutrients nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium,
44 sulfur, boron, copper, iron, manganese, and zinc. The sunn hemp and jack bean had the
45 highest green and dry matter productivity, and higher values in the accumulations of
46 nitrogen, calcium, magnesium, sulfur. The sunn hemp, jack bean, and pigeon pea had the
47 highest accumulations of phosphorus, while only the jack bean had the highest
48 accumulation of boron. The black oat, sudan grass, sunn hemp, showy rattlebox, jack

1 bean, and pigeon pea had the highest values of accumulation of copper, manganese, and
2 zinc. As for the iron element, the aforementioned crops with the addition of forage radish
3 were the treatments with the highest values. Thus, it is possible to conclude that the crops
4 that best adapted to the Aquidauana region were the sunn hemp and the jack bean, due to
5 their high dry matter production and having a high accumulation of all the macro and
6 micronutrients evaluated.

7
8 **KEYWORDS:** sunn hemp, jack beans, macro and micronutrientes, cover crops.
9

10 **2.1 INTRODUÇÃO**

11
12 Os sistemas de produção conservacionistas são orientados por três princípios
13 fundamentais: a ausência de revolvimento do solo, a manutenção de uma cobertura
14 contínua ao longo do ano e a alternância de culturas. Nesse cenário, surge a prática de
15 utilizar plantas de cobertura. Basicamente, essas plantas têm o papel de proteger o solo,
16 sendo incorporadas à rotação de culturas nos sistemas conservacionistas, seja durante o
17 intervalo entre safras na produção de grãos, entre linhas de culturas arbóreas perenes ou
18 como cultura principal em áreas destinadas à pastagem (CARVALHO et al., 2022).

19 As plantas de cobertura, são extensivamente empregadas no sistema de plantio
20 direto com o objetivo de aprimorar a qualidade do solo em termos físicos, químicos e
21 biológicos (HANSEN et al., 2023). Espécies de crucíferas, forrageiras e leguminosas
22 podem ser selecionadas para compor as plantas de cobertura. Ao incorporar as plantas de
23 cobertura em sistemas produtivos, é importante considerar critérios como alta produção
24 de biomassa, crescimento acelerado para uma cobertura do solo mais eficaz,
25 adaptabilidade a condições adversas, sistema radicular robusto e capacidade de acumular
26 nutrientes (SILVA et al., 2021; HANSEN et al., 2023).

27 A diversidade das plantas de cobertura resulta em uma ampla variedade de raízes,
28 algumas fasciculadas, outras pivotantes, que atingem diferentes profundidades. Essa
29 diversidade de raízes é o que permite às plantas de cobertura alterarem a composição do
30 solo. Elas criam bioporos que regulam o fluxo de ar e água, além de aumentar o espaço
31 poroso, o que pode melhorar a capacidade do solo de reter água. Raízes mais profundas
32 também possibilitam que essas plantas capturem nutrientes em profundidades mais baixas,
33 fazendo (CARVALHO et al., 2022).

34 A disponibilidade de nutrientes no solo é influenciada pelo tempo de
35 decomposição das plantas após a dessecação, um processo que é afetado pelo clima,
36 atividade dos microrganismos e composição das plantas. Plantas com alta relação (C/N)

1 têm uma decomposição mais lenta, liberando nutrientes gradualmente, o que é benéfico
2 para a manutenção da cobertura do solo. Plantas com baixa relação C/N têm uma
3 decomposição acelerada, liberando nutrientes rapidamente, o que é útil para a ciclagem
4 de nutrientes devido ao seu alto teor de nitrogênio (ABRANCHES et al., 2021; SILVA
5 et al., 2021)

6 A agricultura contemporânea, caracterizada pela monocultura e pelo uso intensivo
7 de pesticidas e fertilizantes, limita a utilização de plantas que beneficiam e revitalizam o
8 solo. Esta prática tem causado um desequilíbrio ambiental em diversos níveis em certos
9 sistemas de produção, devido à falta de diversidade, e contribuído para a redução da
10 população de organismos que combatem pragas e nematoides, conhecidos como inimigos
11 naturais. Como resultado, a agricultura global tornou-se progressivamente mais suscetível
12 a problemas. Isso destaca a importância de recorrer ao uso de plantas de cobertura,
13 também referidas como adubos verdes (CARVALHO et al., 2022; FRASCA et al., 2021).

14 As várias espécies de adubos verdes, sejam ela em cultivo solteiro, em consórcio
15 ou um mix de plantas de cobertura, quando adequadamente utilizadas, tendem a favorecer
16 o aumento da biodiversidade. Também promove o aumento da população de organismos
17 que solubilizam fósforo e ácidos orgânicos, resultando em maior disponibilidade de
18 nutrientes. Isso ocorre tanto pela presença de espécies que promovem a fixação biológica,
19 quanto pela habilidade das raízes e suas interações com exsudatos na ciclagem de
20 nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e outros (CALEGARI, 2023).

21 Na agricultura moderna, a busca por sistemas de produção produtivos e
22 sustentáveis é constante. Nesse cenário, as plantas de cobertura se destacam por sua
23 contribuição à biodiversidade, diversificação da produção, uso equilibrado de nutrientes
24 e manutenção dos atributos do solo (CALEGARI, 2023; SILVA et al., 2021). No entanto,
25 é importante considerar que a eficácia dessas plantas pode variar dependendo de onde são
26 plantadas, bem como de sua produtividade de matéria seca e capacidade de ciclagem e
27 acúmulo de nutrientes. Com esse intuito esse trabalho tem como objetivo avaliar a
28 adaptabilidade, produtividade de matéria seca e a quantidade de acúmulo de nutrientes
29 gerados por diferentes plantas de cobertura na região de Aquidauana.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 4 de setembro até dia 1 de dezembro de 2022 na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA) no setor de Fitotecnia (20°27'06"S, 55°40'11"W, 170 m de altitude).

Segundo Köppen-Geiger, o clima é do tipo Aw tropical quente - úmido, com verão chuvoso e inverno seco, o total acumulado de precipitação durante os três meses de experimento foi de 445 mm (Figura 1), com médias de temperatura máxima de 32 °C e mínimas de 21 °C. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (SCHIAVO et al., 2010).

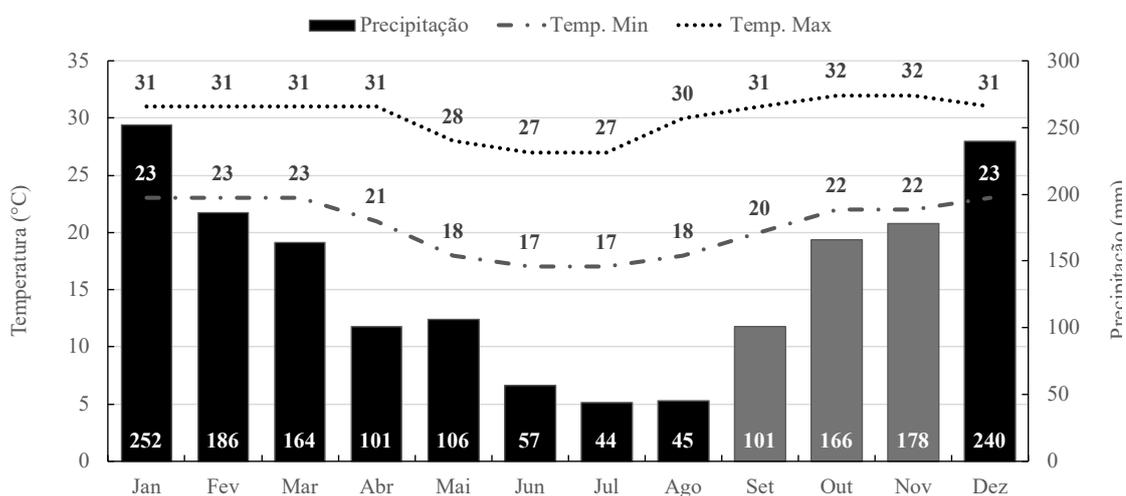


Figura 1 – Média de precipitações, temperaturas mínimas e temperaturas máximas dos meses do ano de 2022 na região de Aquidauana – MS.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelo cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*), braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e o pousio (área onde plantas espontâneas serviram como cobertura do solo).

O preparo da área iniciou-se no dia 22 de agosto de 2022, com a dessecação das plantas espontâneas, utilizando a mistura glifosato + cletodim (2378 + 144 g L⁻¹ dos i.a.).

1 A aplicação foi realizada com o pulverizador tratorizado com tanque de 800 L e volume
2 de calda de 250 L ha⁻¹.

3 A semeadura das plantas de cobertura foi realizada no dia 4 de setembro de 2022,
4 seguindo as recomendações especificadas para cada espécie vegetal (WUTKE et al.,
5 2023). Durante a condução do experimento, foram realizados monitoramentos
6 preventivos de pragas, doenças e plantas daninhas. Nesses sentidos, houve a necessidade
7 de controle do plantas daninhas, mediante capinas manuais nas entrelinhas de todas as
8 parcelas e roçada mecânica no entorno do experimento.

9 Aos 90 dias após a semeadura (1 de dezembro de 2022), foi realizado a roçada
10 mecânica das plantas de cobertura. Posteriormente, um quadrado amostral de 0,25 m² foi
11 arremessado duas vezes, totalizando 0,5m² por parcela, com o objetivo de quantificar a
12 produtividade matéria verde de cada tratamento. Em seguida, esse material foi levado à
13 estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h para determinar a quantidade de
14 matéria seca (TEDESCO et al., 1995). Os valores obtidos nessas avaliações foram
15 extrapolados para kg ha⁻¹ (produtividade de matéria verde e seca).

16 Para as análises dos teores dos macros e micronutrientes da parte aérea, foram
17 moídas as amostras secas e submetidas à digestão ácida de tecido vegetal (TEDESCO et
18 al., 1995). Para determinação dos teores de nutrientes, foram seguidas as recomendações
19 da literatura, utilizando método Kjeldahl (nitrogênio), espectrofotometria de absorção
20 molecular (fósforo), espectrofotometria de emissão atômica (potássio), turbidimetria
21 (enxofre) e espectrofotometria de absorção atômica em chama (cálcio, magnésio, boro,
22 cobre, ferro, manganês e zinco) (TEIXEIRA et al., 2017). O acúmulo dos nutrientes (kg
23 ha⁻¹) das plantas de cobertura foi obtido pelo produto simples entre os teores dos
24 nutrientes nas plantas de cobertura e a produtividade de matéria seca.

25 Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos
26 foram comparadas pelo teste de Scott-knott ($p < 0,05$) no programa Sisvar (FERREIRA,
27 2019).

28

29 **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

30

31 A aveia preta, juntamente com o nabo forrageiro (Tabela 1), tiveram as menores
32 produtividades de matéria verde (6,1 e 8 t ha⁻¹). Em contrapartida, a crotalária juncea e o
33 feijão-de-porco foram os que tiveram as maiores produtividades de matéria verde (21,9 e

1 18,5 t ha⁻¹). Os resultados de produtividade de matéria seca foram semelhantes aos da
 2 matéria verde, novamente a crotalária juncea e o feijão-de-porco tiveram as maiores
 3 produtividades de matéria seca (9,3 e 8,3 t ha⁻¹), enquanto a aveia preta, feijão guandu,
 4 nabo forrageiro, pousio, sorgo e braquiária tiveram as menores produtividades de matéria
 5 seca, a aveia preta teve uma diferença de 28% da quantidade de matéria seca produzida
 6 pela crotalária juncea.

7 Segundo Ferrazza et al. (2013), forrageiras como o azevém, aveia branca e a
 8 própria aveia preta têm a melhor época de semeadura no outono e inverno, visto que isso
 9 impactou justamente na sua quantidade de matéria seca produzida. Isso pode justificar a
 10 baixa produtividade de matéria seca, já que o experimento foi conduzido na primavera e
 11 na região de Aquidauana, que apresenta médias mais elevadas de temperatura.

12

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e valores médios para produtividade de matéria verde e matéria seca da parte aérea de plantas de cobertura. Aquidauana – MS (2023).

Plantas de cobertura	Matéria verde	Matéria seca
	----- t ha ⁻¹ -----	
Aveia preta	6,1 c	3,3 c
Capim sudão	15,0 b	6,9 b
Crotalária juncea	21,9 a	9,3 a
Crotalária spectabilis	14,1 b	5,6 c
Feijão-de-porco	18,5 a	8,3 a
Feijão guandu	11,7 b	6,4 b
Nabo forrageiro	8,0 c	3,1 c
Pousio	12,0 b	4,8 c
Sorgo	10,7 b	4,2 c
Braquiária ruziziensis	12,3 b	4,2 c
CV (%)	21	26
Média	13,3	5,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

13

14 Pereira et al. (2017) concluem, em seus estudos, que a crotalária juncea e o
 15 feijão-de-porco se destacaram com as maiores produtividades de matéria seca entre as
 16 culturas de verão, sendo elas o trigo-mourisco, mucuna preta, guandu-anão, capim sudão,
 17 crotalária juncea e feijão-de-porco. Isso se deve à elevada rusticidade do feijão-de-porco
 18 e da crotalária juncea, que se adaptam a diferentes condições edafoclimáticas (Teodoro et
 19 al., 2011), e a sua rusticidade credencia-os como alternativa para adubação verde em

1 regiões que apresentam solos ácidos, salinos, mal drenados e de baixa fertilidade
2 (Padovan et al., 2011).

3 Ao analisar os teores dos macronutrientes (Tabela 2), o feijão-de-porco teve o
4 maior teor de nitrogênio (20,1 g kg⁻¹) e o capim sudão teve o menor (8,2 g kg⁻¹). Os teores
5 de nitrogênio obtidos por Cavalcante et al. (2012), que trabalharam com biomassa e
6 extração de nutrientes por plantas de cobertura, mostraram que o feijão-de-porco teve
7 uma média de 22,2 g kg⁻¹ de teor de nitrogênio, semelhante ao presente estudo. Isso
8 ocorreu devido às principais vantagens da adubação verde, que utiliza leguminosas e sua
9 capacidade de fixar nitrogênio, incluindo a produção significativa de fitomassa verde ou
10 seca e a contribuição com elevados níveis de teores nitrogênio (WILDNER, 2023).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância e valores médios para teores de macronutrientes de plantas de cobertura. Aquidauana – MS (2023).

Plantas de cobertura	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	----- g kg ⁻¹ -----					
Aveia preta	16,6 b	3,5*	21,4	3,5 a	0,9 b	1,0
Capim sudão	8,2 c	2,4	19,0	1,4 b	0,7 d	0,6
Crotalária juncea	16,9 b	2,7	19,3	3,4 a	1,1 a	0,8
Crotalária spectabilis	16,3 b	2,9	21,1	3,4 a	0,8 c	1,0
Feijão-de-porco	20,1 a	2,8	18,0	4,6 a	0,8 c	0,9
Feijão guandu	16,2 b	3,1	19,6	3,5 a	0,8 c	0,9
Nabo forrageiro	13,5 b	3,3	23,7	3,4 a	0,9 b	1,2
Pousio	14,9 b	3,0	23,9	3,8 a	0,8 c	0,9
Sorgo	16,9 b	3,0	23,9	3,2 a	0,7 d	0,9
Braquiária ruziziensis	16,5 b	2,5	22,1	3,2 a	0,9 b	0,9
CV (%)	12	15	20	24	12	19
Média	15,6	2,9	21,2	3,3	0,9	0,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

*Médias que não apresentam letras na mesma coluna não apresentaram diferença no teste de Scott-Knott (p<0,05)

11 Os tratamentos não apresentaram diferença em relação aos tores de fósforo
12 (Tabela 2), e o mesmo comportamento foi observado para os nutrientes potássio e enxofre,
13 ou seja, as plantas de cobertura tiveram teores de semelhante para os nutrientes
14 supracitados. Enquanto quase todas as culturas tiveram o teor de cálcio semelhantes, o
15 capim sudão foi a única cultura que teve o teor de cálcio abaixo dos demais tratamentos.
16 Pereira et al. (2017) em seu trabalho intitulado produção de forrageiras anuais e diferentes
17 épocas de semeadura observou níveis baixos do teor de cálcio no capim sudão em relação
18 a culturas como a mucuna preta, guandú-anão e trigo-mourisco.

1 O teor de magnésio na cultura da crotalária juncea foi o maior dentre todas as
2 culturas analisadas, e o capim sudão junto com o sorgo tiveram os menores teores de
3 magnésio. (WILDNER, 2023).

4 O acúmulo de nitrogênio foi notadamente maior com o uso da crotalária juncea
5 e o feijão-de-porco como plantas de cobertura (Figura 2), acompanhando as maiores
6 produtividades de matéria verde e seca de ambas (Tabela 1). Em comparação as duas
7 plantas de cobertura citadas acima, o que comparado aos outros tratamentos tiveram que
8 apresentaram um menor acúmulo de nitrogênio, porém tiveram comportamentos
9 semelhantes. uma vez que a época ideal de cultivo é durante o inverno, entre os meses de
10 abril e maio (FORTE et al., 2018; CARVALHO et al., 2022).

11 A crotalária juncea e o feijão-de-porco tem excelente capacidade de acumular
12 nitrogênio em curtos períodos, especialmente após o cultivo de gramíneas (PEREIRA et
13 al., 2017), demonstrando sua eficácia na ciclagem e imobilização de nitrogênio
14 (PADOVAN et al., 2011).

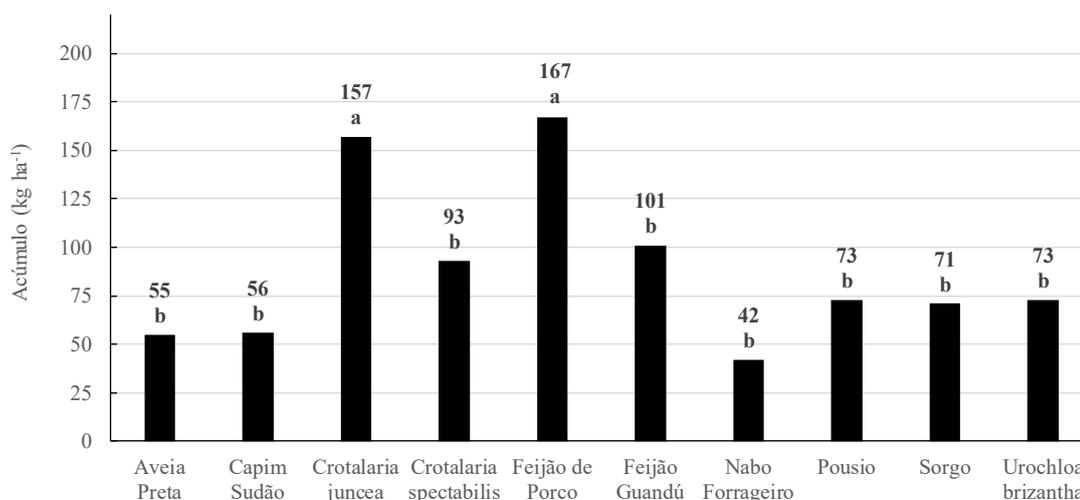


Figura 2 - Resumo da análise de variância e valores médios para os acúmulos de nitrogênio de plantas de cobertura. Aquidauana – MS (2023).

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

15 Taiz et al. (2017) ressaltam a importância do nitrogênio para as plantas, sendo o
16 elemento mineral que elas mais necessitam. Ele é um componente vital das proteínas,
17 ácidos nucleicos, clorofila e outras moléculas essenciais para a vida vegetal. A ausência
18 de nitrogênio limita o crescimento das plantas, pois reduz a capacidade de realizar a
19 fotossíntese e de se reproduzir. Dessa forma, o acúmulo de nitrogênio proveniente dessas

1 plantas de cobertura é extremamente importante para a produção da cultura que será
2 implantada posteriormente.

3 Os maiores acúmulos de fósforo foram constatados com o uso de crotalária juncea,
4 feijão guandu e feijão-de-porco (Figura 3), com as respectivas espécies atingindo
5 acúmulos de 25, 23 e 20 kg ha⁻¹, respectivamente. Isso foi observado devido à alta
6 produtividade de matéria seca dessas espécies, visto que os teores de fósforo (Tabela 2)
7 foram semelhantes para todos os tratamentos. Por outro lado, o nabo forrageiro foi o
8 tratamento com o menor acúmulo de fósforo, devido à baixa produção de matéria seca.

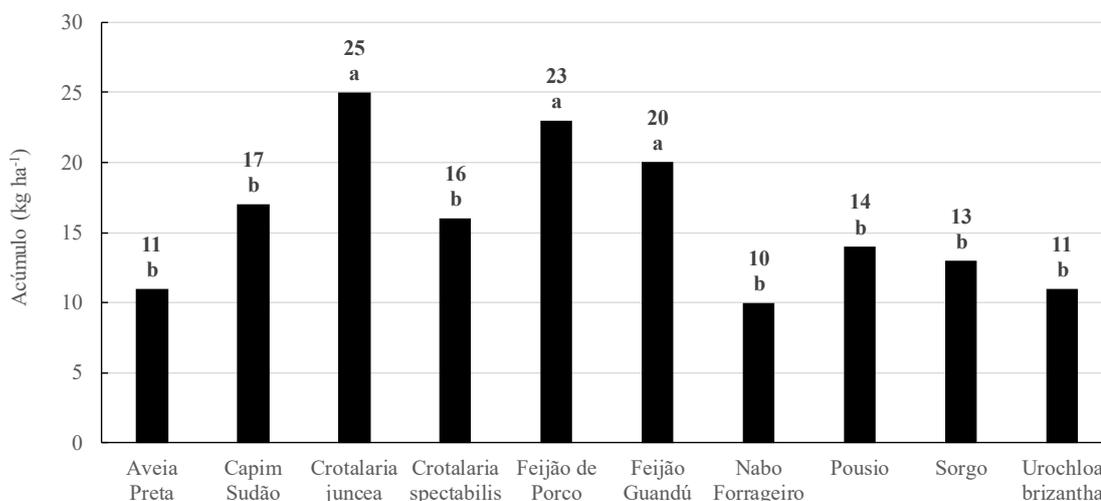


Figura 3 - Resumo da análise de variância e valores médios para os acúmulos de fósforo de plantas de cobertura. Aquidauana – MS (2023).

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

9 O fósforo desempenha um papel crucial na vida das plantas e o acúmulo desse
10 nutriente é muito benéfico a elas, visto que é um elemento pouco móvel no solo. Sendo
11 um elemento integrante dos açúcares fosfato, que são essenciais para a energia e o
12 metabolismo das plantas, e é um dos principais elementos que limitam o crescimento
13 radicular das plantas, dessa forma limitando o crescimento vegetal e posteriormente
14 impactando na produtividade dessa cultura (EVERT; EICHHORN, 2014).

15 O acúmulo de cálcio nas plantas de cobertura foi maior com o uso de feijão-de-
16 porco (39 kg ha⁻¹) e crotalária juncea (31 kg ha⁻¹) (Figura 4) e, novamente, está associado
17 a alta produtividade de matéria seca de ambas as espécies supracitadas, estando acima do
18 observado no trabalho de PADOVAN et al., 2011.

1 O acúmulo cálcio é de suma importância, pois em plantas com deficiência desse
 2 nutriente apresentam uma redução no crescimento radicular e em casos extremos a
 3 necrose de meristemas mais jovens, ápices de raízes e folhas jovens. Tudo isso pode
 4 ocasionar em um atraso do crescimento da planta e redução na produção (TAIZ et al.,
 5 2017).

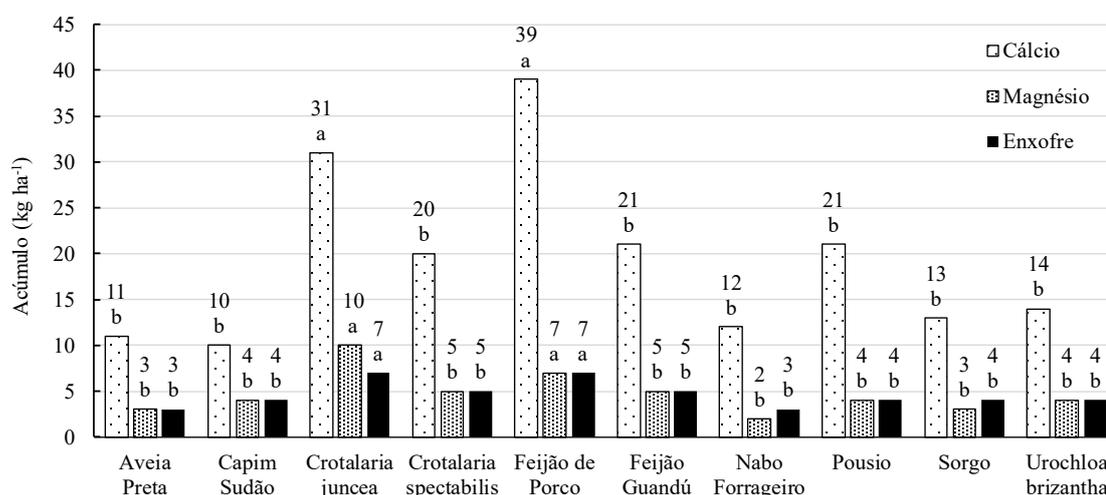


Figura 4 - Resumo da análise de variância e valores médios para os acúmulos de cálcio, magnésio e enxofre de plantas de cobertura. Aquidauana – MS (2023). Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

6 A crotalária juncea e o feijão-de-porco possuem os mais elevados acúmulos de
 7 magnésio e enxofre (Figura 4). Em trabalho envolvendo plantas de cobertura, foi
 8 observado que a crotalária juncea, feijão-de-porco, nabo forrageiro e a mucuna preta
 9 foram as culturas que mais absorveram magnésio do solo, em contrapartida, observaram
 10 que a aveia preta e o nabo forrageiro foram as que tiveram menor acúmulo de magnésio
 11 e enxofre (AMADO et al., 2023).

12 SILVA et al. (2006) citam que isso ocorreu devido à baixa produtividade de
 13 matéria seca. Outro ponto importante é que as leguminosas têm maior capacidade de
 14 ciclagem e acúmulo de magnésio e enxofre em relação às gramíneas.

15 Taiz et al. (2017) mostra a importância do magnésio para o desenvolvimento das
 16 plantas. Uma vez que plantas que apresentam sintomas de deficiência de magnésio podem
 17 tem a senescência e abscisão foliar prematura. Já para a deficiência de enxofre as plantas
 18 têm redução no seu crescimento e o acúmulo de antocianinas, o que é prejudicial as
 19 plantas.

1 A crotalária *spectabilis*, nabo forrageiro e crotalária *juncea* possuem os maiores
2 teores foliares de boro, com cerca de 27, 26 e 24 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3),
3 enquanto o capim sudão, feijão-de-porco, sorgo e braquiária *brizantha* têm os mais baixos
4 valores para o nutriente. Em geral, a concentração de boro nos tecidos das dicotiledôneas
5 é maior do que nas monocotiledôneas (FAQUIN, 2001).

6 Os teores de nutrientes zinco, manganês e ferro (Tabela 3) foi possível observar
7 que todos os tratamentos foram semelhantes. A aveia preta, crotalária *spectabilis* e o feijão
8 quando tiveram os maiores teores de cobre sendo 5, 6 e 5 mg kg⁻¹ respectivamente.
9 Seguindo a mesma variável, o capim sudão foi o tratamento com o menor teor de cobre
10 (3 mg kg⁻¹). Pereira et al. (2017) observaram que a crotalária *juncea* e o feijão quando
11 tiveram teores maiores que o do presente estudo sendo 187 e 184 g ha⁻¹ respectivamente,
12 porém mesmo em seu trabalho a crotalária *juncea* e o feijão quando foram as culturas que
13 tiveram os maiores acúmulos de cobre.

14 O feijão-de-porco foi a cultura com o maior acúmulo de boro (229 g ha⁻¹) (Tabela
15 3). Apesar de ser uma das culturas com o menor teor do nutriente, o feijão-de-porco
16 devido à alta produção de matéria seca teve o maior acúmulo do nutriente em relação as
17 demais culturas. O que corrobora com os resultados de Pereira et al. (2017) que mostram
18 que o feijão-de-porco e a crotalária *juncea* tiveram os maiores acúmulos de boro.

19 A deficiência de boro pode causar nas plantas necrose das folhas novas e gemas
20 apicais, os caules ficam rígidos e quebradiços, a planta perde a dominância apical e
21 começa a ramificar de forma descontrolada e frutos, raízes carnosas e tubérculos podem
22 necrosar ou apresentar anormalidades (TAIZ et al., 2017).

23 A aveia preta, capim sudão, crotalária *juncea*, crotalária *spectabilis* e o feijão-
24 de-porco tiveram os maiores acúmulos de zinco, (Tabela 3), respectivamente. Esse
25 mesmo comportamento se repete para o acúmulo de manganês e cobre. Embora esses
26 tratamentos não tenham mostrado diferenças significativas nos teores de zinco e
27 manganês, a relação com a matéria seca produzida por eles foi essencial para que os
28 tratamentos acima citados tivessem os maiores acúmulos de zinco, manganês e cobre.

29 Os resultados do presente trabalho se diferem dos vistos por Pereira et al. (2017)
30 que mostram apenas a crotalária *juncea* como a maior acumuladora de zinco, manganês
31 e cobre. Tais elementos extremamente importantes para manter a uma boa produtividade
32 na propriedade, visto que a deficiência de zinco diminui o crescimento dos entrenós, o
33 cobre as folhas podem cair prematuramente e as flores dessas plantas podem ser estéreis

1 e a deficiência de manganês está intimamente ligado a fotossíntese e na produção de
2 energia, fazendo assim a planta ter um decréscimo na produtividade (TAIZ et al., 2017)

Tabela 3 – Teor e acúmulo de micronutrientes em diferentes Plantas de cobertura em gramas por quilograma de planta, em Aquidauana MS.

Plantas de cobertura	Teor				
	Boro	Zinco	Manganês	Cobre	Ferro
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Aveia preta	20 b	25*	94	5 a	3076
Capim sudão	15 c	21	71	3 c	2912
Crotalária juncea	24 a	20	71	4 b	1733
Crotalária spectabilis	27 a	22	87	6 a	3391
Feijão-de-porco	17 c	18	77	4 b	2559
Feijão guandu	22 b	23	86	5 a	2876
Nabo forrageiro	26 a	23	76	4 b	2512
Pousio	20 b	18	73	2 d	2656
Sorgo	18 c	20	79	1 d	3723
Braquiária ruziziensis	18 c	22	76	2 d	2640
CV (%)	8	17	20	16	26
Média	21	21	79	4	2808

Plantas de cobertura	Acúmulo				
	Boro	Zinco	Manganês	Cobre	Ferro
	----- g ha ⁻¹ -----				kg ha ⁻¹
Aveia preta	103 c	147 a	489 a	25 a	20 a
Capim sudão	137 b	149 a	517 a	34 a	18 a
Crotalária juncea	140 b	150 a	644 a	37 a	21 a
Crotalária spectabilis	154 b	126 a	475 a	32 a	18 a
Feijão-de-porco	229 a	186 a	671 a	44 a	16 a
Feijão guandu	66 c	84 b	310 b	18 b	10 b
Nabo forrageiro	74 c	87 b	316 b	7 b	16 a
Pousio	82 c	72 b	241 b	14 b	9 b
Sorgo	84 c	99 b	338 b	10 b	11b
Braquiária ruziziensis	95 c	96 b	359 b	12 b	12 b
CV (%)	29	33	31	35	35
Média	117	120	435	23	15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

*Médias que não apresentam letras na mesma coluna não apresentaram diferença no teste de Scott-Knott (p<0,05)

3 A aveia preta, capim sudão, crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão-de-
4 porco e nabo forrageiro foram os tratamentos com os maiores acúmulos de ferro, em
5 contraponto as culturas do feijão guandu, pousio, sorgo e braquiária ruziziensis tiveram
6 menor acúmulo do elemento ferro. Como os acúmulos dos nutrientes são o resultado do
7 produto entre o teor e a produtividade de matéria seca, apesar das culturas não terem

1 apresentado diferença em relação aos teores de ferro, a diferença de matéria seca
2 produzida pelas culturas aveia preta, capim sudão, crotalária juncea, crotalária spectabilis,
3 feijão-de-porco e nabo forrageiro fizeram que tivesse essa diferença em relação aos
4 acúmulos de ferro.

5

6 **2.4 CONCLUSÕES**

7

8 A crotalária juncea e o feijão-de-porco são as culturas que melhor se adaptam a
9 região de Aquidauana.

10 A crotalária juncea e o feijão-de-porco são duas culturas altamente indicadas
11 para utilização como culturas de cobertura, levando em conta suas capacidades de
12 produção de matéria verde e seca, o que acaba por impactar nos acúmulos de macro e
13 micronutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1
2
3 ABRANCHES, M. O.; SILVA, G. A. M.; SANTOS, L. C.; PEREIRA, L. F.; FREITAS,
4 G. B. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas
5 do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**,
6 Itabira - MG, v. 10, n. 7, p. 1–17, 2021.
7
8 AMADO, T. J. C.; FIORIN, J. E.; ARNS, U.; NICOLOSO, R. S.; FERREIRA, A. O.
9 Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: LIMA FILHO,
10 O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (org.).
11 **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2023.
12 v. 2, p. 80–127.
13
14 BORGES, R. T.; LUIZ, F. DE O.; MATHIAS, D. N. DA S.; FÁVERO, C.; AUGUSTO,
15 M. L. M. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde ne cerrado do alto
16 do Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 635–643,
17 2011.
18
19 CALEGARI, A. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. In: LIMA FILHO, O.
20 F. DE; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (org.).
21 **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa
22 Agropecuária Oeste, 2023. v. 1, p. 17–34.
23
24 CARVALHO, M. L.; VANOLLI, B. S.; SCHIEBELBEIN, B. E.; BORBA, D. A.; LUZ,
25 F. B.; CARDOSO, G. M.; BORTOLO, L. S.; MAROSTICA, M. E. M.; SOUZA, V. S.
26 **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde**
27 **do solo**. Piracicaba - SP: Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura
28 “Luiz de Queiroz”, 2022. p. 9 – 64.
29
30 CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.;
31 SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de
32 cobertura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande -
33 PB, v. 16, n. 5, p. 521–528, 2012.
34
35 FAQUIN, V. **Solo e meio ambiente nutrição mineral de plantas**. 1 ed. Lavras - MG:
36 Gráfica Universitária/UFLA, 2005. v. 1, p 11-15
37
38 FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In:
39 **45ª Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria**.
40 UFSCar, São Carlos - SP, 2000. p.255-258.
41
42 EVERT, F. R.; EICHHORN, E. S. **Raven Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro - RJ:
43 Guanabara Koogan, 2014. v. 1
44
45 FRASCA, L. L. M.; SILVA, M. A.; REZENDE, C. C.; FARIA, D. R.; LANNA, A. C.;
46 FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. Utilização de plantas de
47 cobertura como alternativa de manejo sustentável. **Revista Científica Multidisciplinar**,
48 Angola, v. 2, n. 7, p. 1–14, 2021.
49

- 1 FORTE, C. T.; GALON, L.; BEUTLER, A. N.; PERIN, G. F.; PAULETTI, E. S. S.;
2 BASSO, F. J. M.; HOLZ, C. M.; SANTIN, C. O. Soil cover crops and crop management
3 and their contributions to agricultural crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**,
4 Recife – PE, v. 13, n. 1, p. 1–10, 2018.
- 5
6 HANSEN, P. H.; SILVA, D. M.; LANZANOVA, L. S.; GUERRA, D.; LANZANOVA,
7 M. E.; SOUZA, E. L.; BOHRER, R. E. G. Nabo forrageiro: potencialidades da espécie
8 como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa.
9 **Research, Society and Development**, Itabira - MG, v. 12, n. 2, p. 1–12, 2023.
- 10
11 PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.;
12 FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de
13 manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de**
14 **Agroecologia**, Brasília – DF, v. 6, n. 3, p. 182–190, 2011.
- 15
16 PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.;
17 HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de**
18 **Ciências Agrárias**, Curitiba - PR, v. 40, n. 4, p. 799–807, 2017.
- 19
20 PERIN, A.; CRUVINEL, D. A.; FERREIRA, H. S.; MELO, G. B.; LIMA, L. E.;
21 ANDRADE, J. W. S. Decomposição da Palhada e Produção de Repolho em Sistema
22 Plantio Direto. **Global Science and Technology**, Rio Verde - GO, v. 8, n. 2, p. 153–159,
23 2015.
- 24
25 SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA,
26 G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.;
27 CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de
28 plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and**
29 **Development**, Itabira - MG, v. 10, n. 3, p. 1–9, 2021.
- 30
31 SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O.
32 Aproveitamento do nitrogênio (N15) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio
33 direto em latossolo vermelho de cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 36, n. 3,
34 p. 739-746, 2006.
- 35
36 SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M. DE; DIAS NETO, A. H.;
37 FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da
38 formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas – SP, v.
39 34, n. 3, p. 881–889, 2010.
- 40
41 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento**
42 **Vegetal**. 6. ed. São Paulo - SP: Artmed Editora LTDA, 2017. v. 1.
- 43
44 TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. WOLKWEISS, S.J.
45 **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de solos
46 UFRGS, 1995. 174p.
- 47
48 TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e
49 liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira**
50 **de Ciência do Solo**, Campinas – SP, v. 35, n. 3, p. 867–876, 2011.

- 1
2 WILDNER, L. P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA
3 FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D.
4 (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 3. ed. Brasília - DF: Embrapa,
5 2023. v. 3, p. 17–40.
- 6
7 WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDER, L. P.; AMBROSANO, E. J.; ESTEVES, J.
8 A. d. F. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. In:
9 LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A.
10 D. (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2. ed. Brasília - DF:
11 Embrapa, 2023. v. 1, p. 55–173.