

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES**  
**BACHARELADO EM ZOOTECNIA**  
**YOHANA ALVES LAMOUNIER**

**BIOCHAR: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE**  
**CAPIM ELEFANTE**

**CERES – GO**  
**2025**

**YOHANA ALVES LAMOUNIER**

**BIOCHAR: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE  
CAPIM ELEFANTE**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, sob orientação do Prof. Dr. Roriz Luciano Machado.

**CERES – GO  
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

L236b Lamounier, Yohana Alves  
Biochar: Produção e Composição Nutricional de Cultivares de  
Capim Elefante / Yohana Alves Lamounier. Ceres - GO 2025.  
40f. il.  
Orientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado.  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0320184 -  
Bacharelado em Zootecnia - Ceres (Campus Ceres).  
1. Fertilidade do solo. 2. Forragicultura. 3. Irrigação. 4.  
Pennisetum purpureum. 5. Fibra em detergente neutro. I. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Yohana Alves Lamounier

Matrícula: 2019103201840235

Título do Trabalho: BIOCHAR: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CAPIM ELEFANTE

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres - GO, 12/06/2025.

Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



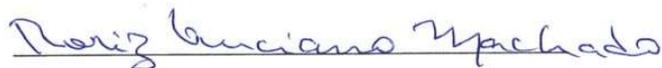
Assinatura do(a) orientador(a)

#### ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) trinta dia(s) do mês de maio do ano de dois mil e vinte e cinco realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) YOHANA ALVES LAMOUNIER, do Curso de Bacharelado em Zootecnia, matrícula 2019103201840235 cujo título é "Biochar: produção e composição nutricional de cultivares de capim elefante". A defesa iniciou-se às 8 horas e 11 minutos, finalizando-se às 11 horas e 48 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,7 no trabalho escrito, média 9,4 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 9,0 de **pontos**, estando o(a) estudante APTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

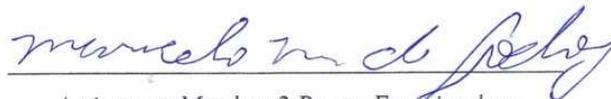
Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.



Assinatura Presidente da Banca



Assinatura Membro 1 Banca Examinadora



Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

*Dedico esse trabalho ao meu avô Joaquim, que já se foi, mas continua me dando forças e coragem para que eu consiga realizar meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora pelo dom da vida, pela força, sabedoria e coragem para superar todos os desafios e chegar até aqui.*

*Aos meus pais, Francisco e Flávia, pelo apoio incondicional, incentivo nos momentos difíceis e por nunca terem medido esforços em me ajudar no que fosse preciso.*

*A minha irmã, Munike, que apesar da distância, sempre esteve presente e me amparando nas dificuldades.*

*Aos meus avós, Maria Lucia e Joaquim (in memoriam), que me incentivaram a nunca desistir do curso e me deram coragem para enfrentar as adversidades.*

*Ao meu melhor amigo, Thiago Dias, pela amizade de anos, por ter me apresentado e me incentivado a ingressar no curso, pelos ensinamentos de faculdade e de vida, por me amparar, me apoiar e por estar comigo nos melhores e piores dias da minha vida.*

*As minhas amigas, Fernanda, Myllena e Ester por estarem comigo em todos os momentos da graduação, por me apoiarem, incentivarem, deixarem os meus dias mais leves e alegres durante toda essa jornada e, principalmente pela amizade.*

*Ao meu namorado, João Vitor, pelo companheirismo, apoio, incentivo, paciência e, por sempre estar comigo e me ajudar no que estivesse ao seu alcance.*

*Aos meus amigos, Pedro Paulo, José Marcos e Matheus Melo, por terem se prontificado a me ajudar em coisas que pra eles podem ter sido pequenas, mas que para mim significou muito.*

*À Laiane Pacheco, pela disponibilização de amostras do seu experimento de mestrado no Programa de Pós-Graduação no Cerrado para as análises bromatológicas.*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Roriz Luciano Machado, pelos ensinamentos, esclarecimentos e apoio na realização deste trabalho.*

*Ao Ronaldo Fabino, por todas as orientações, por ter se prontificado em sanar minhas dúvidas e por disponibilizar os materiais para que a realização desse projeto fosse possível.*

*A Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica Brainer, por ter se tornado minha mãe de faculdade, por todos os conselhos, incentivo, apoio e ajuda.*

*A todos os professores que contribuíram no meu processo de aprendizado durante toda a graduação.*

*Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, por ter me propiciado a oportunidade de cursar Zootecnia e por ter sido minha segunda casa durante todos esses anos.*

*A todos que de alguma maneira colaboraram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica, meu muito obrigada e minha eterna gratidão.*

*“Nossos maiores triunfos vêm de situações que inicialmente pareciam impossíveis de superar”.*

*Rick Riordan / Percy Jackson*

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de Biochar sobre características produtivas e bromatológicas de duas cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), BRS Capiáçu e BRS Kurumi, sob sistema irrigado no bioma Cerrado. O experimento foi implantado no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, em delineamento de blocos casualizados, com arranjo fatorial 2 (cultivares x 4 (doses) e analisado em parcelas subdivididas no tempo (quatro épocas), com quatro repetições. As doses de Biochar aplicadas foram: 0, 8, 16 e 24 Mg ha<sup>-1</sup>. As avaliações ocorreram aos 71, 225, 335 e 447 dias após a aplicação do insumo, abrangendo as variáveis: produtividade de massa seca (PMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB). Os resultados demonstraram que a cultivar BRS Capiáçu teve maior PMS, FDN e FDA em todas as doses e épocas avaliadas. A cultivar BRS Kurumi teve maior teor de PB e menor FDN e FDA. As doses de Biochar não influenciaram ( $p < 0,05/0,01$ ) a PB, FDN e FDA e diminuiu a PMS em doses superiores a 8 Mg ha<sup>-1</sup>. As análises de regressão revelaram que os efeitos do Biochar variaram ao longo do tempo, com impacto mais pronunciado em períodos intermediários (200 a 300 dias), possivelmente em função da maturação do Biochar no solo e da sua interação com o ambiente. O Biochar não afetou a composição nutricional do capim elefante em condições do estudo.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo; forragicultura; irrigação; *Pennisetum purpureum*; fibra em detergente neutro.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different doses of Biochar on morphometric, productive, and bromatological characteristics of two elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivars, BRS Capiaçú and BRS Kurumi, under irrigated conditions in the edaphoclimatic context of the Cerrado biome. The experiment was implemented at the Instituto Federal Goiano – Ceres Campus, using a randomized block design, with a factorial arrangement 2 (cultivars) x 4 (doses) and applied in plots subdivided in time (four periods), with four replications. The applied Biochar doses were 0, 8, 16, and 24 Mg ha<sup>-1</sup>. Evaluations were performed at 71, 225, 335, and 447 days after application, assessing the following variables: dry matter yield (DMY), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and crude protein (CP). The results showed that the BRS Capiaçú cultivar presented a higher biomass accumulation, with superior DMY averages across all doses and evaluation periods. However, it also exhibited higher NDF and ADF contents, which may compromise forage digestibility. In contrast, BRS Kurumi stood out with higher CP levels and lower fiber concentrations, favoring its use in intensive dairy production systems. Analysis of variance indicated that Biochar doses did not significantly affect bromatological parameters, although they negatively influenced DMY at doses above 8 Mg ha<sup>-1</sup>. Regression analyses revealed that the effects of Biochar varied over time, with a more pronounced impact observed during intermediate periods (200 to 300 days), possibly due to Biochar maturation in the soil and its interaction with the environment. It is concluded that although Biochar has potential as a soil conditioner, well-defined management strategies are required for its positive effects to be realized.

**Keywords:** Soil fertility; forage; irrigation; *Pennisetum purpureum*; neutral detergent fiber

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do experimento.....	13
Figura 2 – Precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental.....	14
Figura 3 - Percentual de proteína bruta em função dos dias após a aplicação do Biochar.....	23
Figura 4 - Percentual de FDA função dos dias após a aplicação do Biochar.....	25
Figura 5 - Percentual de FDN em função dos dias após a aplicação do Biochar.....	27
Figura 6 - Variação da PMS das cultivares de capim elefante BRS Capiçu e BRS Kurumi em função dos dias após a aplicação do Biochar.....	29
Figura 7 - PMS em função da dosagem de Biochar.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química e física do solo na camada de 0 a 0,20 m em quatro blocos experimentais.....	15
Tabela 2 - Análise química do Biochar.....	16
Tabela 3 – Adubações realizadas em cada cultivar. ....	16
Tabela 4. Análise de variância das variáveis PMS, FDA, FDN e PB em função das doses de Biochar e cultivares de capim elefante. ....	20
Tabela 5. Médias de produtividade de massa seca e da composição nutricional de cultivares de capim elefante e doses de Biochar. ....	21

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Produção de forragem no cerrado: potencialidades e limitações.....	3
2.2 Características morfológicas e produtivas de plantas forrageiras.....	4
2.2.1 Características da cultivar de capim elefante BRS Capiáçu .....	5
2.2.2 Características de cultivar de capim elefante BRS Kurumi.....	6
2.3 Indicadores de qualidade bromatológica da forragem .....	7
2.4 Produção e composição nutricional do capim elefante nas diferentes estações do ano .....	8
2.5 Teores de proteína bruta em cultivares de capim elefante .....	9
2.6 Efeito do Biochar na qualidade do capim elefante .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Efeitos Gerais.....	20
4.2 Proteína Bruta (PB).....	22
4.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA).....	25
4.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN).....	27
4.5 Produtividade de massa seca (PMS).....	28
4.6 Implicações Práticas e Manejo.....	31
5. CONCLUSÕES .....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos, impulsionada pelo contínuo crescimento populacional, impõe à agropecuária o desafio de elevar sua produtividade em uma área agricultável global que permanece praticamente constante (FAO, 2022). Nesse contexto, o Brasil assume papel estratégico, sendo o segundo maior produtor e o principal exportador mundial de carne bovina (ABIEC, 2023).

Nesse sentido, o uso estratégico de forrageiras de alta adaptabilidade e valor nutricional é essencial para a viabilidade econômica da pecuária brasileira, especialmente por representar uma das fontes alimentares mais econômicas para o rebanho (DIAS FILHO, 2017).

O regime climático tropical sazonal do Brasil impõe dois períodos bem definidos quanto à disponibilidade e qualidade das forragens: o período das águas (primavera-verão), com maior crescimento vegetativo, e o período seco (outono-inverno), com redução drástica da produção forrageira (FERRAZ; FELÍCIO, 2014; PRADO et al., 2015).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma espécie forrageira perene amplamente utilizada em regiões tropicais e subtropicais devido ao seu alto potencial de produção de biomassa, vigor vegetativo e valor nutricional. É empregado principalmente em sistemas de capineira, além de ser útil para silagem e pastejo rotacionado (JANK et al., 2011; EUCLIDES et al., 2016). Entre os cultivares adaptados a sistemas intensivos, destacam-se o BRS Capiapu e o BRS Kurumi, lançados pela Embrapa em 2016 e 2014, respectivamente, com morfologia e usos distintos (EMBRAPA, 2021).

A produtividade do capim elefante, apesar de seu alto potencial, é limitada por práticas inadequadas de uso do solo, falta de manejo da fertilidade, compactação e erosão, que causam degradação das pastagens (DIAS FILHO, 2017). Fatores como água, fotoperíodo e manejo também influenciam a produção de biomassa e a qualidade da forragem (CAVALCANTE et al., 2020).

Com o intuito de recuperar a qualidade do solo e aumentar a produtividade, o uso de condicionadores, como o Biochar, tem ganhado destaque. O biochar é um produto sólido obtido pela pirólise de resíduos orgânicos com baixa disponibilidade de oxigênio, que melhora as propriedades físicas e químicas do solo, favorecendo a

fertilidade, a estrutura e a retenção de água (LEHMANN; JOSEPH, 2015; GLASER et al., 2002; JIANG et al., 2021).

Dentre suas propriedades, destacam-se a alta capacidade de retenção de nutrientes, especialmente carbono orgânico e nitrogênio, além do aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e retenção hídrica do solo, fatores que favorecem o desenvolvimento de plantas forrageiras em ambientes tropicais (ZHANG et al., 2020; SANTOS et al., 2022).

O objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade de massa seca e composição nutricional de duas cultivares de capim elefante nos períodos das águas e seca (sob irrigação) sob diferentes doses de Biochar.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Um estudo preliminar de revisão bibliográfica foi realizada com intuito de aprofundar os conhecimentos sobre o tema. Essa revisão foi conduzida por meio de busca de trabalhos científicos publicados e disponibilizados em bases de bancos de dados como Science Direct, Scielo, MDPI, Google acadêmico, além de sites de revistas científicas e repositórios acadêmicos de instituições de ensino. Foi considerado como fonte de conhecimento artigos de pesquisa a campo, revisão sistemática e reanálise, além de dissertação e tese. Além disso, foi selecionado apenas artigos publicados nos últimos 10 anos.

### **2.1 Produção de forragem no cerrado: potencialidades e limitações**

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, com aproximadamente 204,7 milhões de hectares, abrangendo os estados da Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins. Estima-se que cerca de 40% dessa área esteja destinada à produção agropecuária, sendo a formação de pastagens para a pecuária bovina uma das atividades mais expressivas, especialmente em sistemas de produção extensivos (SANO et al., 2008; DIAS FILHO, 2017).

O clima da região caracteriza-se por uma marcada sazonalidade, com estação chuvosa concentrada entre os meses de outubro a março e estação seca de abril a setembro. Essa distribuição irregular de precipitações afeta diretamente o crescimento das forrageiras, reduzindo sua disponibilidade e qualidade nos meses de seca. Historicamente, a alternância entre períodos úmidos e secos tem promovido a lixiviação de nutrientes essenciais do solo, contribuindo para sua baixa fertilidade natural (OLIVEIRA et al., 2021).

Na região Centro-Oeste, o Cerrado tem papel estratégico na produção de carne bovina, porém, durante o período seco, a ocorrência de déficit hídrico acentuado que limita significativamente a produtividade forrageira (BERCHIELLI et al., 2020). Dentre as limitações à produtividade agrícola da região, destacam-se a degradação de pastagens, baixa disponibilidade de fósforo, acidez do solo e manejo ineficiente da cobertura vegetal. Em muitos casos, a degradação está associada à ausência de

práticas conservacionistas, manejo inadequado do pastejo e baixa reposição de nutrientes por meio de adubações (SANTOS et al., 2022).

Para a recuperação dessas áreas, são necessárias ações que envolvam diagnóstico técnico da área, correção de acidez, adubação de base, práticas mecânicas de conservação e, cada vez mais, o uso de sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e os Sistemas Agroflorestais (SAFs), que promovem recuperação ecológica e rentabilidade econômica (ALMEIDA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2021).

A adoção de irrigação em pastagens tem aumentado, como forma de garantir estabilidade produtiva em sistemas intensivos. No entanto, essa prática exige planejamento adequado para evitar compactação do solo, desperdício de água, lixiviação de nutrientes e aumento da vulnerabilidade ambiental (PEREIRA et al., 2022).

Paralelamente, a escolha da forrageira adequada é essencial para o sucesso do sistema. O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destaca-se por sua elevada produção de biomassa, boa qualidade nutricional e capacidade de adaptação às condições do Cerrado, inclusive sob irrigação. A cv. BRS Kurumi apresenta elevado teor de proteína, diferindo da BRS Capiçu, que possui menores níveis proteicos. Enquanto a BRS Kurumi foi desenvolvida com foco em sistemas de pastejo, a BRS Capiçu é indicada principalmente para uso em capineiras, devido ao seu alto rendimento de biomassa. (EMBRAPA, 2021; RUPOLLO et al., 2019).

A seleção da espécie forrageira ideal deve considerar fatores como o histórico da área, tipo de solo, clima, presença de plantas invasoras, exigências nutricionais do rebanho e estratégias de manejo adotadas. Essa análise técnica é indispensável para garantir alta produtividade, sustentabilidade do sistema e qualidade nutricional da forrageira (SANTOS et al., 2022).

## **2.2 Características morfométricas e produtivas de plantas forrageiras**

O manejo de pastagens no Brasil, frequentemente realizado de forma empírica, desconsidera aspectos fundamentais do crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, como sua morfologia, fisiologia e exigências nutricionais. Essa abordagem inadequada resulta na degradação progressiva das áreas de pastagem, com impactos negativos sobre a produtividade animal, o retorno econômico da atividade e a

sustentabilidade ambiental (DIAS FILHO, 2017). A compreensão das características morfofisiológicas das gramíneas, bem como suas respostas ao manejo, é essencial para promover práticas sustentáveis de produção forrageira, considerando as particularidades de cada espécie e cultivar (MARTUSCELLO et al., 2009; EUCLIDES et al., 2016).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é originário das regiões tropicais da África e destaca-se por sua elevada flexibilidade genética, o que o torna uma das espécies mais importantes para a pecuária tropical. Introduzido no Brasil na década de 1920, difundiu-se amplamente em virtude de sua alta produção de biomassa, adaptabilidade e valor nutricional (JANK et al., 2011; EMBRAPA, 2021). Trata-se de uma gramínea perene, cespitosa, com colmos eretos, que pode formar touceiras de até 1 metro de diâmetro, dependendo das condições edafoclimáticas e de manejo (SILVA et al., 2020).

A espécie é exigente quanto às condições do solo, preferindo ambientes profundos, bem drenados, com boa disponibilidade de nutrientes, sendo sensível ao encharcamento. Seu desempenho produtivo é maximizado em solos corrigidos e fertilizados adequadamente, com adubação nitrogenada e práticas de conservação (FERREIRA et al., 2016). Embora o capim elefante possua relativa tolerância ao estresse hídrico, em ambientes com estiagens prolongadas, o uso de irrigação é fundamental para garantir a continuidade da produção de forragem e evitar perdas significativas de biomassa (PEREIRA et al., 2021; ALMEIDA et al., 2019).

As cultivares melhoradas, como a BRS Capiaçú e a BRS Kurumi, representam avanços significativos em relação aos materiais genéticos tradicionais, apresentando maior precocidade, digestibilidade, perfilhamento e adaptabilidade a diferentes sistemas de produção (JANK et al., 2011; EMBRAPA, 2021). O conhecimento das exigências morfofisiológicas dessas cultivares é essencial para a adoção de estratégias de manejo que assegurem produtividade, persistência e qualidade da forragem ao longo do tempo.

### *2.2.1 Características da cultivar de capim elefante BRS Capiaçú*

A cultivar de capim elefante BRS Capiaçú foi desenvolvida pela Embrapa Gado de Leite a partir do cruzamento entre os genótipos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57), pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de capim elefante

(BAGCE). A seleção e clonagem da progênie promissora foram iniciadas em 1991, culminando no registro da cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o número 33503 e no Certificado de Proteção de Cultivar nº 20150124. Seu lançamento comercial ocorreu em 2016 (EMBRAPA, 2017).

O principal diferencial agrônômico da BRS Capiaçú é seu porte alto (acima de 4,0 m), elevado potencial de produção de biomassa, que pode alcançar até 300 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa verde, com média de 50 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria seca em três cortes anuais, superando em até 30% outras cultivares tradicionais de capim elefante (PEREIRA et al., 2021). Sua arquitetura ereta, elevada densidade de colmos e alto perfilhamento lateral favorecem a colheita mecanizada e a utilização em sistemas de ensilagem.

A cultivar apresenta moderada tolerância ao estresse hídrico, podendo ser utilizada como alternativa ao milho em regiões sujeitas a veranicos ou com déficit hídrico acentuado. Além disso, apresenta maior concentração de carboidratos solúveis e teores superiores de PB, o que contribui para o aumento da qualidade da silagem produzida (VILELA et al., 2016).

BRS Capiaçú é recomendada para ambientes de clima tropical úmido e pode ser utilizada também no Bioma Mata Atlântica. Entretanto, apresenta elevada exigência quanto à fertilidade do solo, devendo ser cultivada em áreas com solos profundos, bem drenados e com adubações corretivas e de manutenção adequadas (SILVA et al., 2021).

### *2.2.2 Características de cultivar de capim elefante BRS Kurumi*

A cv. de capim elefante BRS Kurumi é um clone de propagação vegetativa com ciclo perene e porte reduzido, sendo especialmente recomendada para pastejo rotacionado ou corte frequente. Sua morfologia é marcada pela formação de touceiras semiabertas, folhas estreitas e internódios curtos, com coloração verde intensa. Desenvolvida pela Embrapa Gado de Leite, essa cultivar foi obtida a partir do cruzamento entre os genótipos Merkeron de Pinda (BAGCE 19), portador de gene recessivo para nanismo, e Roxo (BAGCE 57), ambos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Capim Elefante (BAGCE) (EMBRAPA, 2014).

A seleção da BRS Kurumi priorizou genótipos de porte baixo (média 80 cm) e alta rebrota, culminando no seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (MAPA) sob o número 28690 e certificado de proteção de cultivares nº 20120164. Lançada comercialmente em 2014, a cultivar tem se destacado pelo elevado valor nutritivo e pela facilidade de manejo em sistemas intensivos (PEREIRA et al., 2014).

Em condições favoráveis, pode atingir produtividade de até 30 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa seca, apresentando teores de PB entre 18 e 20% e digestibilidade de matéria seca de 68 a 70%, o que a torna uma excelente opção para sistemas baseados em pastejo rotacionado intensivo. Além disso, a alta relação folha/colmo contribui para a qualidade nutricional da forragem consumida pelos animais (SILVA et al., 2021).

A BRS Kurumi apresenta tolerância moderada ao frio, sendo capaz de rebrotar após geadas, com baixa taxa de mortalidade de perfilhos, o que amplia sua adaptação a regiões com invernos rigorosos. No entanto, não se adapta bem a solos encharcados e sua produção pode ser comprometida em períodos de estiagem prolongada, exigindo manejo adequado da irrigação e da fertilidade do solo para assegurar o desempenho produtivo (SANTOS et al., 2021).

### **2.3 Indicadores de qualidade bromatológica da forragem**

Os indicadores de qualidade bromatológica da forragem são fundamentais para avaliar o valor nutricional de dietas baseadas em pastagens e, conseqüentemente, otimizar o desempenho produtivo de ruminantes, especialmente em regiões tropicais como o Cerrado. Dentre os parâmetros mais utilizados estão a PB, a FDN e a FDA (VALADARES FILHO et al., 2016).

A PB representa o teor total de nitrogênio presente na forragem, refletindo sua capacidade de suprir as exigências proteicas dos microrganismos ruminais e dos próprios animais. É um componente altamente influenciado por fatores como estágio de maturação da planta, fertilidade do solo e práticas de manejo. Em regiões com marcada sazonalidade como o Cerrado, o monitoramento da PB é crucial para o ajuste estratégico da suplementação alimentar (ROCHA et al., 2018).

A FDN e a FDA são frações fibrosas amplamente utilizadas para estimar a qualidade da forragem. A FDN inclui os constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e lignina, e está inversamente relacionada à ingestão voluntária. Já a FDA, composta por celulose e lignina, apresenta forte correlação negativa com a digestibilidade (VAN SOEST, 1994; VALADARES FILHO et al., 2016). Em condições

edafoclimáticas adversas, como solos ácidos e clima seco, a concentração de FDN e FDA tende a aumentar, reduzindo a qualidade da forragem (ROCHA et al., 2018).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), uma das forrageiras tropicais mais utilizadas no Brasil, apresenta variações consideráveis nesses indicadores conforme a cultivar, estágio de maturação, condições de solo e manejo adotado. Cultivares como a BRS Capiaçú e a BRS Kurumi, quando manejadas adequadamente, apresentam teores mais baixos de FDN e FDA e níveis mais elevados de PB e digestibilidade, o que as torna atrativas para uso em sistemas intensivos (EMBRAPA, 2021; SANTOS et al., 2022).

Além disso, a idade da planta tem efeito direto sobre os teores de FDN e FDA: quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento, maior a deposição de lignina, o que compromete a digestibilidade. O manejo rotacionado, com cortes frequentes, é uma estratégia eficaz para manter os teores de fibra dentro de níveis aceitáveis e garantir a qualidade bromatológica da forragem ofertada (VALADARES FILHO et al., 2016).

Em síntese, o conhecimento e o monitoramento dos indicadores de qualidade bromatológica são ferramentas essenciais para a formulação de dietas balanceadas e o manejo eficiente das pastagens. A análise de FDN, FDA, PB e DMS permite ao pecuarista tomar decisões assertivas quanto à suplementação, manejo de colheita e estratégias de conservação, garantindo maior eficiência produtiva e sustentabilidade dos sistemas de produção no Cerrado.

#### **2.4 Produção e composição nutricional do capim elefante nas diferentes estações do ano**

A qualidade da forragem do capim elefante ao longo das estações do ano tem impacto direto sobre o desempenho produtivo dos ruminantes, especialmente em regiões tropicais sujeitas a forte estacionalidade climática, como o Cerrado. Nesse contexto, as cvs. BRS Capiaçú e BRS Kurumi destacam-se pelo elevado potencial produtivo e adaptabilidade a diferentes condições de manejo, inclusive em sistemas irrigados (EMBRAPA, 2021).

Durante a estação seca, quando a disponibilidade de forragem nativa é reduzida e a qualidade nutricional das pastagens tende a declinar, o cultivo irrigado do capim elefante representa uma alternativa estratégica para a manutenção da oferta

alimentar. Parâmetros como a FDN e a FDA tornam-se ainda mais relevantes nessa época, pois estão diretamente relacionados à digestibilidade e à eficiência de utilização da forragem pelos animais (VALADARES FILHO et al., 2016).

Estudos com a cv. BRS Capiáçu irrigada indicam que essa variedade mantém teores moderados de FDN mesmo em condições adversas, proporcionando uma forragem com bom equilíbrio entre valor energético e estrutural ao longo do ano. Essa característica, associada ao alto rendimento por hectare, torna o BRS Capiáçu uma excelente alternativa para produção de silagem ou fornecimento verde em sistemas de produção intensivos (OLIVEIRA et al., 2019; SANTOS et al., 2022).

A cv. BRS Kurumi também tem demonstrado desempenho satisfatório durante a estação seca, destacando-se pelo elevado valor nutritivo e pela manutenção de teores adequados de FDN e PB mesmo sob estresse hídrico. Sua arquitetura de porte baixo e elevado perfilhamento favorece o pastejo rotacionado intensivo, sendo altamente indicada para produção leiteira em sistemas sustentáveis (SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021).

Durante a estação das águas, o potencial produtivo das cultivares tende a se intensificar. No entanto, o manejo adequado da fertilização e da irrigação é essencial para garantir a persistência da qualidade bromatológica da forragem. Em estudo conduzido com capim elefante irrigado, Oliveira et al. (2019) observaram teores de FDN entre 60% e 70%, a depender das condições edafoclimáticas e do manejo. Ainda que dados específicos sobre o teor de FDN do BRS Kurumi irrigado sejam escassos, seu desempenho observado em condições de campo sugere um comportamento favorável frente à sazonalidade climática (FERREIRA; COSTA, 2023).

Portanto, a avaliação da composição bromatológica do capim elefante, especialmente quanto aos teores de FDN, FDA e PB, deve ser incorporada ao planejamento forrageiro anual. A adoção de práticas como irrigação e adubação estratégica, aliadas ao uso de cultivares adaptadas como BRS Capiáçu e BRS Kurumi, contribui significativamente para a sustentabilidade, estabilidade da produção e melhoria do desempenho zootécnico do rebanho em sistemas tropicais.

## **2.5 Teores de proteína bruta em cultivares de capim elefante**

A PB é um dos principais indicadores da qualidade nutricional das forragens utilizadas na alimentação de ruminantes, refletindo diretamente na ingestão voluntária,

digestibilidade e desempenho produtivo dos animais. Altos teores de PB estão associados a maior taxa de fermentação ruminal e eficiência na conversão alimentar, especialmente em sistemas baseados em pastagens tropicais (VAN SOEST, 1994; NRC, 2001).

Entre as gramíneas tropicais, o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destaca-se por sua elevada produção de biomassa e adaptabilidade. As cvs. BRS Capiáçu e BRS Kurumi, desenvolvidas pela Embrapa Gado de Leite, são amplamente utilizadas em diferentes sistemas de produção, com finalidades específicas quanto ao uso para corte e pastejo, respectivamente (EMBRAPA, 2021).

A cv. BRS Kurumi apresenta elevado perfilhamento e porte baixo, sendo indicada para pastejo rotacionado intensivo. Estudos apontam que essa cultivar apresenta teores de PB entre 18% e 20% na matéria seca, além de digestibilidade que varia de 68% a 70%, sendo recomendada para sistemas leiteiros baseados em pastagens de alto valor nutricional (PEIXOTO et al., 2016; SANTOS et al., 2022).

Em contrapartida, o BRS Capiáçu, selecionado para corte e fornecimento no cocho, apresenta teores de PB entre 8% e 9% quando fornecido in natura picado, podendo atingir valores em torno de 5,5% na forma de silagem. Essa redução é atribuída às perdas fermentativas durante o processo de ensilagem e ao acúmulo de fibra estrutural em estágios mais avançados de maturação (EMBRAPA, 2017; VALADARES FILHO et al., 2016).

Os teores de PB variam amplamente conforme o estágio de desenvolvimento da planta, a adubação nitrogenada, o manejo do corte, a disponibilidade hídrica e as características físico-químicas do solo (MARTUSCELLO et al., 2009; MIZUBUTI et al., 2011). Nesse contexto, tem crescido o interesse pela aplicação de condicionadores de solo, como o Biochar, visando à melhoria da fertilidade e, conseqüentemente, do valor nutricional das forragens.

## **2.6 Efeito do Biochar na qualidade do capim elefante**

Os condicionadores de solo são materiais aplicados ao solo com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas, químicas ou biológicas de maneira mensurável (GSST, 2008). Dentre esses, o Biochar tem ganhado destaque por ser um subproduto da pirólise de biomassa vegetal com alto conteúdo de carbono estável, grande

superfície específica e elevada capacidade de troca catiônica (ATKINSON et al., 2010; GLASER et al., 2002).

Com base nas “Terras Pretas de Índio”, solos de alta fertilidade encontrados na Amazônia e ricos em carbono, o Biochar tem sido proposto como uma ferramenta sustentável para melhorar a fertilidade do solo, armazenar carbono e reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GLASER et al., 2001). Adicionalmente, o Biochar melhora a retenção de umidade e nutrientes, diminui a acidez do solo e contribui para a disponibilidade de nitrogênio, essencial na síntese proteica das plantas (CLOUGH et al., 2013; CONZ et al., 2015).

O uso de Biochar como condicionador de solo tem sido avaliado em diversas culturas com o objetivo de aumentar a fertilidade, melhorar a estrutura do solo e reduzir a necessidade de insumos minerais. No entanto, seu efeito sobre o crescimento e a produtividade de forrageiras tropicais, como o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), ainda gera resultados contrastantes e depende de múltiplos fatores, como o tempo de aplicação, as características do Biochar e o sistema de manejo utilizado (MAJOR et al., 2010; ZIMMERMAN et al., 2011).

Estudos recentes, como o de Pacheco (2022), avaliaram os efeitos de diferentes doses de Biochar (0, 8, 16 e 24 Mg ha<sup>-1</sup>) sobre atributos produtivos de cvs. de capim elefante BRS Capiaçú e BRS Kurumi sob irrigação. Os parâmetros avaliados incluíram diâmetro de colmo, altura de planta, número de perfilhos, massa seca e produtividade de forragem.

Apesar da ausência de efeitos produtivos apontaram tendência de aumento do teor de fósforo e capacidade de troca catiônica (CTC) com adição de 16 e 24 Mg ha<sup>-1</sup> de Biochar, respectivamente. Também foi verificado que o incremento das doses de Biochar resultou em tendência de aumento no número de perfilhos e relação folha/colmo para a cv. BRS Kurumi, e, tendência de redução dos valores de diâmetro de colmo e produtividade de folhas verdes para BRS Capiaçú. Para a BRS Capiaçú houve redução linear no parâmetro produtividade de massa seca com o aumento da dose de Biochar, com redução de até 28,8% na produtividade de massa seca. Esse comportamento negativo pode estar associado a características como a relação carbono/nitrogênio (C/N) elevada do Biochar, que promove a imobilização de nitrogênio no solo, interferindo na absorção de nutrientes pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2019).

Pacheco (2022) também investigou os efeitos combinados entre doses de Biochar, cultivares e períodos de avaliação. Não foi observada interação entre doses e cultivares para altura de planta; entretanto, observou-se efeito cúbico para altura quando considerada a interação entre cultivares e tempo após aplicação do Biochar.

A autora ressalta que esses resultados podem estar mais associados às características genéticas das cultivares e ao efeito climático local do que ao Biochar em si, especialmente considerando o curto intervalo de tempo entre a aplicação do produto e a coleta dos dados.

Outro fator frequentemente subestimado nos estudos de curta duração é o tempo necessário para o Biochar se estabilizar no solo. Segundo Zimmerman et al. (2011), esse processo pode levar vários meses ou até anos, sendo que muitos efeitos positivos do Biochar só se tornam evidentes após longos períodos, quando ocorre sua maturação química e interação com a microbiota e os colóides do solo. Major et al. (2010), por exemplo, só observaram melhorias significativas na produtividade de milho após dois anos da aplicação inicial de Biochar.

Essa evidência reforça a importância de projetos experimentais de médio a longo prazo para a avaliação correta dos efeitos do Biochar em sistemas forrageiros tropicais, considerando inclusive ciclos completos de colheita, adubação e regulação hídrica.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, localizado no município de Ceres, estado de Goiás, Brasil, nas coordenadas geográficas 15°20'56,06" S de latitude, 49°36'19,85" W de longitude e altitude de 571 metros. O período experimental compreendeu os meses de março de 2021 a junho de 2022 (Figura 1).

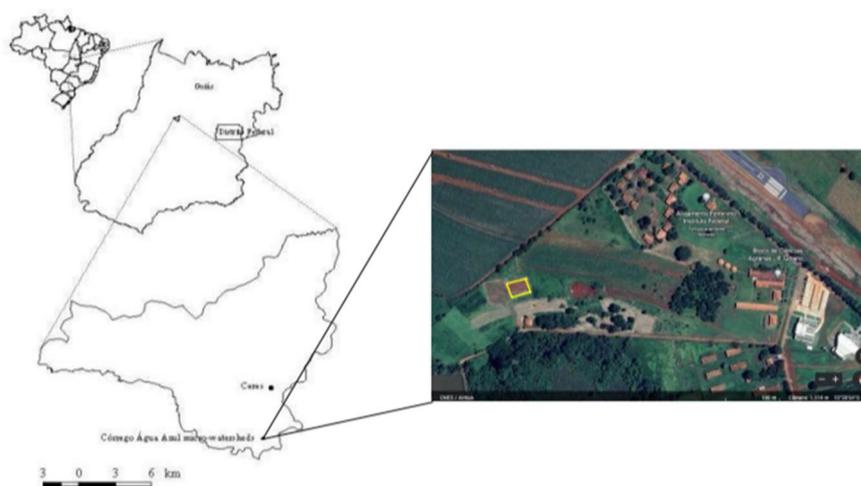


Figura 1 - Mapa de localização do experimento.  
Fonte: Google Earth com modificações (2022).

As cvs. forrageiras BRS Capiaçú e BRS Kurumi foram implantadas em 2019 por meio da propagação vegetativa, utilizando-se colmos depositados em sulcos no local definitivo do experimento. O material propagativo foi oriundo de capineiras previamente estabelecidas no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, situado no município de Ceres, GO.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, típico do Cerrado brasileiro (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).

Durante o período experimental, foram registrados dados diários de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C), cuja média mensal está apresentada na Figura 2. A precipitação total acumulada no período foi de 2.038,34 mm.

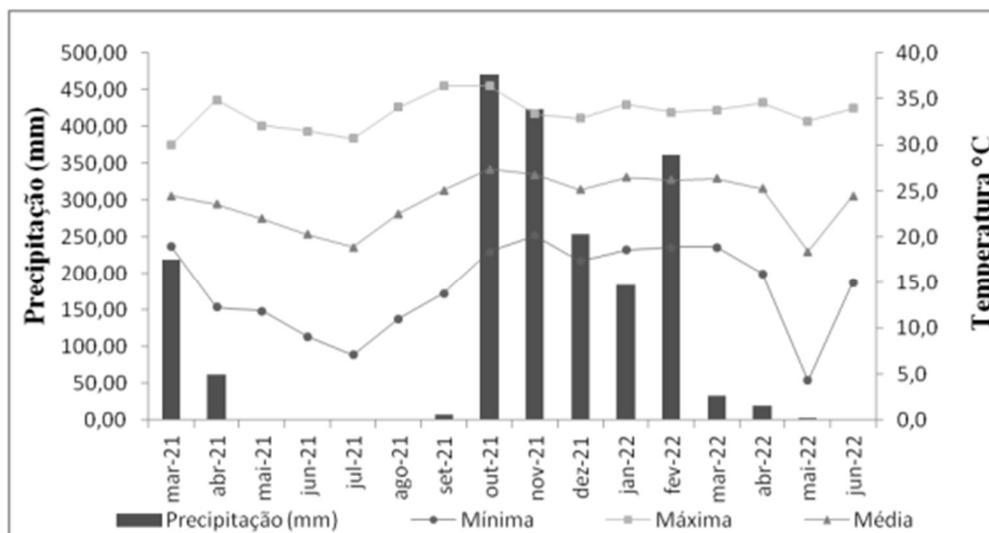


Figura 2 – Precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental. Fonte: Pacheco (2022).

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Esse tipo de solo é caracterizado por textura argilosa, elevada capacidade de troca catiônica e boa estrutura física, sendo amplamente utilizado em sistemas agrícolas no Cerrado. A área tem histórico de uso agrícola superior a cinco décadas, predominantemente para culturas anuais sob manejo convencional, com correções periódicas de acidez e adubações químicas de manutenção.

Amostras compostas de solo foram coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade para análise química de fertilidade. Os resultados obtidos estão apresentados no Tabela 1. Essa caracterização inicial foi utilizada como base para o cálculo das doses de fertilizantes aplicados no experimento, conforme as exigências nutricionais das cultivares avaliadas, conforme Sousa & Lobato (2004).

Tabela 1 - Resultados da análise química e física do solo na camada de 0 a 0,20 m em quatro blocos experimentais.

<b>Bloco</b>	<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>V (%)</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
		(g dm <sup>-3</sup> )				(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )					(g kg <sup>-1</sup> )
I	5,42	24,36	4,02	1,14	0,12	2,53	6,28	64,21	96,4	296,5	144,1	559,3
II	5,35	24,95	5,28	1,49	0,11	3,01	4,48	39,38	93,87	301,8	152,1	546,1
III	5,53	28,01	7,37	3,06	0,08	3,43	71,99	96,01	96,01	314,6	182,2	503,2
IV	6,11	29,40	6,81	4,09	0,05	2,76	136,13	98,16	98,16	317,6	190,1	492,3

Fonte: Adaptada de Pacheco (2022).

O experimento foi implantado em delineamento de blocos casualizados (DBC), disposto em esquema fatorial 2 × 4, sendo avaliadas duas cultivares de capim elefante (BRS Capiaçú e BRS Kurumi) e quatro doses de Biochar (0, 8, 16 e 24 Mg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. A análise do experimento foi em parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas principais consistiram nas combinações entre cultivares e doses de Biochar, e as subparcelas corresponderam a quatro épocas de avaliação: 71, 225, 335 e 447 dias após a aplicação (DAA).

As avaliações foram realizadas durante as estações seca e chuvosa. Cada parcela mediu 3 × 3 m, com quatro linhas de plantio espaçadas entre si em 1 m. A área útil considerada para coleta de dados compreendeu um metro linear de uma das linhas centrais da parcela.

Embora as cvs. BRS Capiaçú e BRS Kurumi tenham sido estabelecidas em 2019, o experimento com Biochar foi implantado em 2021. As doses de Biochar foram definidas com base em Silva et al. (2011) e o material foi fornecido pela empresa Biochar Brasil. O Biochar utilizado foi obtido por carbonização de resíduos de madeira de eucalipto provenientes de reflorestamento, aplicado manualmente e incorporado ao solo na linha de plantio, em dois metros lineares por três linhas de cada parcela (exceto na testemunha).

A composição nutricional do Biochar está descrita na Tabela 2, obtida por análise química seguindo os procedimentos oficiais descritos por Teixeira et al. (2017), adotados para fertilizantes.

Tabela 2 - Análise química do Biochar

Amostra	pH	MO	Ca	Mg	K	H+Al	Al	P	K	V	Are	Sil	Arg
Biochar	-	g dm <sup>-3</sup>	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----			---		-- mg dm <sup>-3</sup> --		%			
	6,8	1,95	7,0	2,1	2,0	1,8	0,0	78,7	764,5	85,9	-	-	-

Fonte: Adaptada de Pacheco (2022).

As adubações de manutenção foram baseadas nos resultados da análise química de terra, sendo realizadas após os cortes de padronização e parceladas em duas aplicações, com intervalo de 30 dias, abrangendo todas as linhas de plantio de cada cultivar conforme a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 – Adubações realizadas em cada cultivar.

Quando	BRS Capiçu	BRS Kurumi
1° Avaliação	75 kg ha <sup>-1</sup> de N, 90 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 75 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O via NK 20-00-20 e superfosfato simples	50 kg ha <sup>-1</sup> de N, 90 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 50 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O via NK 20-00-20 e superfosfato simples
Após 30 dias	75 kg ha <sup>-1</sup> de N (uréia) e 36 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O (KCl)	50 kg ha <sup>-1</sup> de N (uréia) e 70 kg ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O (KCl)
2° Avaliação	75 kg ha <sup>-1</sup> de N (uréia)	50 kg ha <sup>-1</sup> de N (uréia)
Após 30 dias	60 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O (KCl)	40 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O (KCl)
3° Avaliação	Seguiram as mesmas doses utilizadas na primeira avaliação	
4° Avaliação	Seguiram as mesmas doses utilizadas na primeira avaliação	

Todas as adubações foram feitas de acordo com Sousa & Lobato (2004) para capineiras e considerando exportação de nutrientes de 9,95 e 6,56 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de massa seca para BRS Capiçu e BRS Kurumi, respectivamente.

O manejo hídrico adotado no experimento foi baseado no método climático, utilizando irrigação localizada por gotejamento. O sistema de irrigação consistiu no uso de fitas gotejadoras perfuradas com espaçamento entre emissores de 0,20 m, posicionadas superficialmente sobre o solo ao longo das fileiras das plantas. O

sistema foi operado com pressão de serviço de 1 bar, apresentando vazão nominal de 1,6 L h<sup>-1</sup> por gotejador.

A mesma lâmina de irrigação foi aplicada em todas as parcelas experimentais. A condução do manejo de irrigação foi realizada por meio da reposição da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), com base na evaporação registrada em tanque classe A, instalado na estação meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres. As leituras de evaporação foram realizadas diariamente.

As datas de corte de padronização e as avaliações subsequentes, assim como o tempo de rebrota e o tempo de incubação do Biochar no solo até cada avaliação, estão descritos a seguir:

- 1ª Avaliação:
  - Data do corte de padronização: 18/03/2021
  - Data da avaliação: 03/06/2021
  - Período de rebrota: 77 dias
  - Tempo de incubação do Biochar: 71 dias
- 2ª Avaliação:
  - Data do corte de padronização: 02/08/2021
  - Data da avaliação: 04/11/2021
  - Período de rebrota: 94 dias
  - Tempo de incubação do Biochar: 225 dias
- 3ª Avaliação:
  - Data do corte de padronização: 07/12/2021
  - Data da avaliação: 22/02/2022
  - Período de rebrota: 77 dias
  - Tempo de incubação do Biochar: 335 dias
- 4ª Avaliação:
  - Data do corte de padronização: 23/02/2022
  - Data da avaliação: 14/06/2022
  - Período de rebrota: 111 dias
  - Tempo de incubação do Biochar: 447 dias

O corte das forrageiras para as avaliações foi realizado com base na altura das plantas, respeitando os parâmetros morfológicos de cada cultivar. Para a cv. BRS

Capiaçu, os cortes foram efetuados quando as plantas atingiram aproximadamente 2,0 metros de altura. Já para a cv. BRS Kurumi, os cortes foram realizados ao atingirem aproximadamente 0,80 metro. As variáveis avaliadas foram: produtividade de massa seca (PMS), teor de fibra em detergente ácido (FDA), teor de fibra em detergente neutro (FDN) e teor de proteína bruta (PB).

Em relação a amostragem do capim foi, foi realizado o corte rente ao solo em um metro linear centrar de cada parcela, seguido da pesagem da massa verde (MV). Para a subamostragem, foram selecionados aleatoriamente 10 perfilhos. Os colmos e folhas desses perfilhos foram picados, acondicionados separadamente em sacos de papel kraft e levados à estufa com ventilação forçada a 65 °C por 72 horas, para determinação da massa seca a 65 °C (massa seca inicial).

Para avaliar a produtividade de massa seca (PMS) foi realizada previamente a determinação do teor de matéria seca utilizando as sub-amostras secas a 65 °C, as quais foram moídas a 1 mm em moinho tipo Willey. Aproximadamente 2,0 g do material moído foi seco em estufa a 100 - 105 °C por 24 horas em laboratório obtendo assim, a massa seca final. O produto entre a massa seca inicial e massa seca final das sub-amostras resultou no teor de matéria seca.

Para as análises de proteína bruta (PB) essas foram realizadas no Laboratório Terra em Goiânia (GO), utilizando o método de Kjeldahl.

Para a avaliar do desempenho produtivo das cultivares, foram estimadas a produtividade de massa verde (PMV), a produtividade de massa seca (PMS) e a produtividade de folha verde (PFV).

As análises de FDN (Método 2002.04) e FDA (Método 973.18), foram realizadas conforme metodologia descrita por Detmann et al. (2021). Foram analisadas 128 amostras referentes a 32 parcelas × 4 épocas. Para garantir a reprodutibilidade dos resultados, todas as amostras foram analisadas em triplicata, totalizando 384 análises.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de acordo com o delineamento experimental adotado (parcelas subdivididas), utilizando-se o modelo fatorial 2 × 4 com quatro repetições, acrescido do fator tempo (épocas de avaliação). Para os fatores qualitativos (cultivares), quando identificado efeito significativo pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os fatores quantitativos (doses de Biochar e épocas de avaliação), foi aplicada análise de regressão polinomial, ajustando-se o modelo de melhor significância (linear ou quadrático), conforme os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e significância dos termos da equação. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeitos Gerais

A Tabela de ANOVA (Tabela 4) revela os efeitos dos fatores principais (dose de Biochar, cultivar e época) e suas interações sobre as características produtivas e bromatológicas das cvs. de capim elefante BRS Capiaçú e BRS Kurumi. Houve efeito ( $p < 0,05$ ) da dose de Biochar sobre a PMS. A cultivar e a época de avaliação influenciaram isoladamente ( $p < 0,01$ ) nos teores de PB, FDA, FDN e PMS. A PMS foi afetada pela interação cultivar x época, não ocorrendo o mesmo para as demais variáveis.

Tabela 4. Análise de variância das variáveis PMS, FDA, FDN e PB em função das doses de Biochar e cultivares de capim elefante.

Fonte de Variação	GL	PMS	FDA	FDN	PB
Dose	3	36,78*	2,04 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
Cultivar	1	409,48**	232,74**	1004,36**	7,56**
Dose* Cultivar	3	19,12 <sup>ns</sup>	3,96 <sup>ns</sup>	6,89 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Bloco	3	80,93**	7,44 <sup>ns</sup>	19,46 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
Erro 1	9	8,53	2,74	11,37	0,22
Época	3	218,89**	55,99**	75,34**	243,23**
Dose* Época	9	10,18 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	4,02 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
Cultivar* Época	3	10,18**	3,10 <sup>ns</sup>	4,04 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
Dose* Cultivar* Época	9	13,85 <sup>ns</sup>	3,51 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
Erro 2	84	12,96	2,462 <sup>ns</sup>	5,48	0,47
Total corrigido	127				
CV 1%		33,83	5,89	5,61	5,41
CV 2%		41,71	5,58	3,90	7,94

Legenda: Grau de liberdade (GL); produtividade de massa seca (PMS); fibra em detergente ácido (FDA); fibra em detergente neutro (FDN); proteína bruta (PB); coeficiente de variação (CV); significativo a 1% (\*\*); significativo a 5% (\*), não significativo (<sup>ns</sup>).

A Tabela 5 apresenta as médias das variáveis PMS, FDA, FDN e PB em função das cvs. de capim elefante BRS Capiaçú e BRS Kurumi e das doses de Biochar aplicadas ao solo. A análise dos efeitos principais revelou diferenças significativas entre as cultivares para todas as variáveis avaliadas. De maneira geral, a cv. BRS Capiaçú apresentou desempenho superior em produtividade, enquanto a cv. BRS Kurumi destacou-se em qualidade bromatológica.

Tabela 5. Médias de produtividade de massa seca e da composição nutricional de cultivares de capim elefante e doses de Biochar.

<b>Cultivar</b>	<b>PMS</b>		<b>FDA</b>		<b>FDN</b>		<b>PB</b>	
Kurumi	6,84b		26,75b		57,25b		8,84a	
Capiaçu	10,42a		29,44a		62,86a		8,35b	
<b>DOSE</b>	BRS Kurumi	BRS Capiaçu						
0	6,85	11,63	26,64	30,02	56,91	63,75	8,66	8,34
8	8,38	10,69	26,96	28,99	56,98	62,11	8,88	8,46
16	6,10	11,15	26,67	29,89	57,53	63,27	8,84	8,27
24	6,04	8,22	26,72	28,88	57,60	62,29	8,98	8,35

Legenda: proteína bruta (PB); fibra em detergente ácido (FDA); fibra em detergente neutro FDN; produtividade de massa seca (PMS); significativo a 1% (\*\*); significativo a 5% (\*). Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey.

A PMS da BRS Capiaçu (10,42 t ha<sup>-1</sup>) foi significativamente superior à da BRS Kurumi (6,84 t ha<sup>-1</sup>), o que confirma o elevado potencial produtivo dessa cultivar, já descrito por Pereira et al. (2021), especialmente, sob manejo voltado ao corte e fornecimento no cocho. Por outro lado, a BRS Kurumi apresentou maiores teores de PB (8,84%), enquanto a Capiaçu foi menor (8,35%). Essa diferença entre as cultivares pode ser atribuída à sua arquitetura e composição estrutural. A Kurumi, com seu porte mais baixo e maior proporção folha/colmo, tende a apresentar maior valor nutricional, sendo mais adequada ao pastejo intensivo, como destacado por Peixoto et al. (2016).

Quanto à PB, a cv. Kurumi manteve tendência de valores mais elevados em todas as doses, com discreto aumento na dose de 24 t ha<sup>-1</sup>, atingindo 8,98%, o maior valor entre todos os tratamentos. Já a cv. Capiaçu apresentou valores relativamente estáveis entre 8,27% e 8,46%, sem tendência de elevação ou decréscimo relacionada à aplicação de Biochar. A estabilidade dos teores de PB frente ao incremento das doses corrobora os resultados de Pacheco et al. (2024), que também não observaram aumento significativo nos teores de proteína em cultivares de capim elefante cultivadas sob diferentes doses de Biochar em sistemas irrigados no Cerrado.

Com relação aos teores de fibra, observou-se que a cv. Capiaçu apresentou maiores valores tanto de FDA, com 29,44%, quanto de FDN, com 62,86%, enquanto a cv. Kurumi apresentou valores significativamente menores, com FDA de 26,75% e FDN de 57,25%. Essa diferença entre as cultivares já foi descrita por autores como Pereira et al. (2021), que associam a maior concentração de fibra na Capiaçu ao seu

porte elevado e à predominância de colmos mais lignificados, o que favorece o acúmulo de biomassa, porém, reduz a digestibilidade da forragem (VAN SOEST, 1994; VALADARES FILHO et al., 2011). Assim, esses elevados teores de fibra, apesar de conferirem estrutura e volume, podem comprometer a qualidade nutricional do volumoso, sendo menos recomendáveis em sistemas com alta exigência alimentar, como é o caso da produção leiteira de alta performance.

O mesmo padrão foi observado para a FDN, que se manteve estável nas cultivares em todas as doses. Tais dados reforçam a hipótese de que a variação de FDN e FDA entre cultivares tem origem predominantemente genética, como sugerido por Euclides et al. (2016) e Valadares Filho et al. (2011).

Esses resultados reforçam a importância da escolha da cultivar de acordo com o objetivo produtivo do sistema. Para sistemas de corte e fornecimento no cocho, nos quais se busca elevada produção de biomassa, a Capiçu se apresenta como uma excelente alternativa. Já para sistemas de pastejo intensivo e produção leiteira, a Kurumi, com maior teor de proteína bruta e menor teor de fibra, é mais indicada, especialmente em regiões onde a digestibilidade da forragem representa fator crítico para o desempenho animal (VAN SOEST, 1994; Peixoto et al., 2016). Além disso, os dados demonstram que o Biochar pode interferir na produtividade da massa seca, especialmente em doses mais elevadas, mas seus efeitos sobre os parâmetros bromatológicos, como proteína e fibra, parecem ser limitados no curto prazo, sendo necessário considerar o tempo de maturação do Biochar no solo (ZIMMERMAN et al., 2011).

#### **4.2 Proteína Bruta (PB)**

A figura 3 apresenta o comportamento quadrático do teor de PB em função dos dias após a aplicação do Biochar.

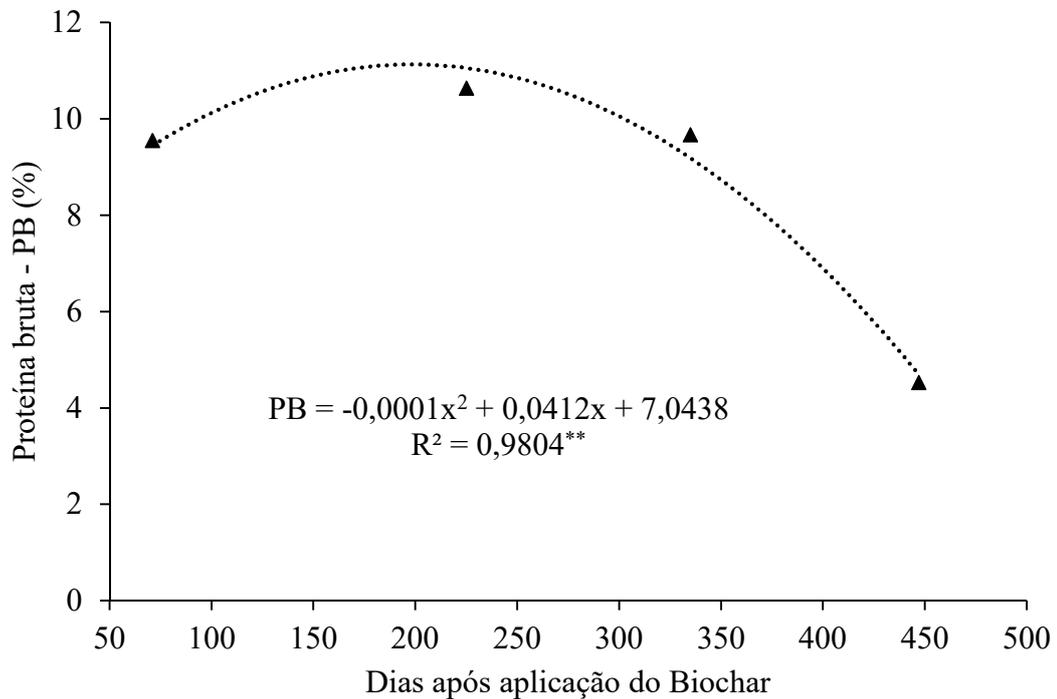


Figura 3 - Percentual de proteína bruta em função dos dias após a aplicação do Biochar.  
 Fonte: Pacheco (2022)

Observa-se que os teores de PB apresentaram aumento progressivo até aos 206 dias após a aplicação do Biochar, ponto de inflexão do gráfico, seguido por um declínio nas avaliações subsequentes. Essa dinâmica sugere que os efeitos positivos do Biochar sobre a disponibilidade de nitrogênio e, conseqüentemente, sobre a síntese proteica das plantas, são temporários e concentrados nos primeiros meses após a sua aplicação. Segundo Clough et al. (2013), o Biochar pode inicialmente aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo por meio da adsorção e retenção de íons amoniacais, favorecendo a absorção pelas plantas. Entretanto, com o passar do tempo, parte desse efeito pode ser reduzido pela diminuição da disponibilidade de formas assimiláveis de nitrogênio, sobretudo em solos com alta relação C/N do material aplicado, o que pode induzir à imobilização microbiana deste nutriente (LEHMANN et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2019).

Esse comportamento também pode estar relacionado ao processo de maturação do Biochar no solo. Zimmerman, et al. (2011) destacam que os efeitos agrônômicos do Biochar são influenciados pelo tempo de residência no solo, sendo

que, em muitos casos, os benefícios sobre os parâmetros produtivos e qualitativos das plantas forrageiras tornam-se mais evidentes somente após um período prolongado de interação com a microbiota e a matriz edáfica. Pacheco et al. (2024), ao avaliarem doses e épocas de aplicação do Biochar em cultivares de capim elefante sob irrigação no Cerrado, observaram comportamento semelhante, com redução do teor de PB após os primeiros ciclos produtivos, possivelmente pela diluição dos nutrientes com o acúmulo de biomassa e também pela menor eficiência de absorção em estágios avançados de desenvolvimento vegetal.

O valor máximo estimado para PB pelo modelo quadrático foi de aproximadamente 10,3%, obtido aos 206 dias após a aplicação do Biochar. Após esse período, nota-se uma queda acentuada nos valores de PB, com valor mínimo estimado de 4,5% aos 447 dias, o que reforça a importância do manejo criterioso da adubação e da colheita para maximização da qualidade bromatológica da forragem. Deve-se ressaltar que na 4ª avaliação o período de rebrota foi o maior com 111 dias. Isso porque coincidiu com temperaturas menores em maio de 2022 gastando-se mais tempo para atingir a altura de corte. Portanto, o clima, e consequentemente o manejo de corte da forrageira, podem ter influenciados negativamente na PB e não apenas o Biochar.

Em síntese, os dados apontam que os efeitos positivos do Biochar sobre o teor de PB do capim elefante não foram consistentes e requerem planejamento para que a aplicação seja sincronizada com as fases de maior exigência nutricional da planta. Além disso, os resultados sugerem que, para manutenção de teores elevados de proteína ao longo de ciclos sucessivos, pode ser necessário o uso complementar de fontes nitrogenadas, especialmente em sistemas de produção intensivos.

Este resultado aponta para um forte componente genético na concentração de proteína bruta, onde a BRS Kurumi tende a apresentar valores mais elevados em comparação à BRS Capiáçu, conforme já relatado na literatura (Peixoto et al., 2016; Embrapa, 2021).

A ausência de efeito do Biochar sobre o teor de PB corrobora os achados de Pacheco et al. (2024), que indicam que a aplicação do Biochar pode não provocar incremento nos teores proteicos em curto prazo, especialmente quando as condições edafoclimáticas e de manejo são limitantes.

Do ponto de vista zootécnico, teores de PB acima de 7% são fundamentais para manutenção da atividade microbiana no rúmen (NRC, 2001). Apenas as duas primeiras avaliações atingiram esse patamar, sugerindo que o valor nutritivo da forragem declinou substancialmente nas condições observadas após os 335 dias da aplicação do Biochar

### 4.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Houve variação do teor de FDA do capim elefante ao longo do tempo de incubação do Biochar no solo (Figura 4).

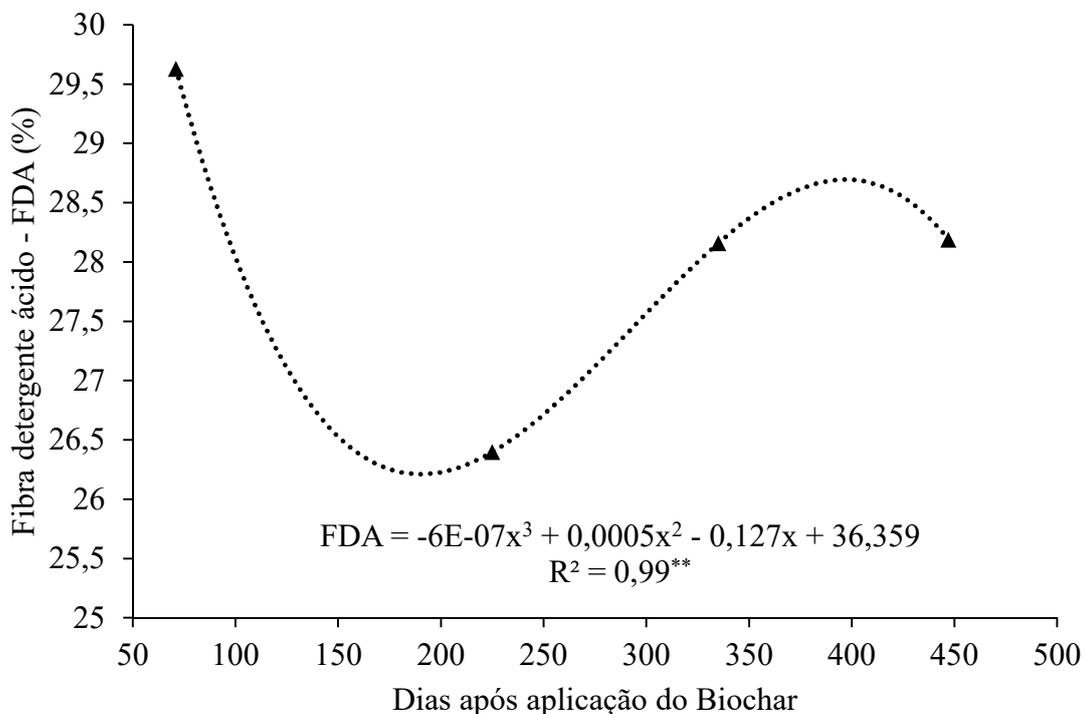


Figura 4 - Percentual de FDA função dos dias após a aplicação do Biochar.  
Fonte: Autora (2025).

Essa relação evidencia que o conteúdo de FDA variou de forma não linear, com um declínio inicial até aproximadamente 200 dias, seguido por um aumento contínuo até cerca de 400 dias, estabilizando-se posteriormente.

Até 200 dias, o FDA reduziu indicando que, nesse período, o Biochar possivelmente contribuiu positivamente para a qualidade da forragem, promovendo

menor acúmulo de lignina e celulose. Isso pode estar relacionado à liberação controlada de nutrientes, melhoria da estrutura do solo e maior disponibilidade de nitrogênio assimilável nas primeiras fases de mineralização (GLASER et al., 2002; CLOUGH et al., 2013).

Após esse período inicial, observou-se incremento progressivo nos teores de FDA até os 400 dias, sugerindo uma resposta fisiológica de maior lignificação da planta, possivelmente devido ao esgotamento dos efeitos imediatos do Biochar ou maturação do capim, com maior deposição de componentes fibrosos estruturais.

Em seguida, os valores de FDA tendem a se estabilizar, sugerindo que o Biochar, após mais de um ano de incubação, pode ter atingido um ponto de equilíbrio de interação com o solo, passando a atuar mais como agente estruturante do que como fonte imediata de nutrientes.

A variação observada demonstra que o tempo de resposta do Biochar é determinante para o efeito na qualidade bromatológica da forragem. Resultados como este reforçam as evidências de que o Biochar não deve ser avaliado apenas em curto prazo, pois seus efeitos se modificam ao longo do tempo de incubação no solo (ZIMMERMAN et al., 2011; MAJOR et al., 2010).

Do ponto de vista zootécnico, os menores teores de FDA observados aos 225 dias após aplicação indicam um período ótimo para colheita, caso o objetivo seja maximizar a digestibilidade da forragem. A oscilação do teor de FDA ao longo do tempo também demonstra que a interação Biochar × planta × solo é complexa e multifatorial, exigindo estudos de longo prazo com atenção às condições climáticas, tipo de solo, composição do Biochar e sistema de manejo.

A ausência de efeito da dose de Biochar sobre a FDA, assim como a não significância das interações, sugere que o Biochar, neste experimento, não promoveu efeito direto sobre a lignificação da parede celular vegetal, corroborando os achados de Silva (2022) e Pacheco (2024), que observaram baixa sensibilidade da composição fibrosa a esse tipo de condicionador, especialmente em curto prazo de incubação.

Contudo, o efeito significativo da época corrobora os dados do gráfico de regressão apresentado anteriormente, que evidenciou uma variação oscilatória da FDA ao longo do tempo de incubação do Biochar. Isso sugere que o tempo de avaliação influencia diretamente a composição fibrosa, independentemente da dose,

talvez mais por razões climáticas e fenológicas do que pela aplicação do insumo em si.

Não houve interação entre dose x cultivar para FDA e, por isso, os valores médios permaneceram relativamente constantes dentro de cada cultivar, com variações discretas entre as doses. Para a BRS Capiáçu, os teores oscilaram entre 28,88% e 30,02%, enquanto para a Kurumi os valores variaram de 26,64% a 26,96%. Esse comportamento indica que o Biochar, nas doses avaliadas, não influenciou na composição estrutural da parede celular da forragem.

#### 4.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN)

O teor de FDN foi afetado pela cultivar e época ( $p < 0,01$ ) (Figura 5). Isso reforça que a variação entre BRS Capiáçu e BRS Kurumi está relacionada ao seu comportamento fisiológico e ao desenvolvimento estrutural das folhas e colmos, afetando diretamente a proporção de fibra total. Não houve resposta da FDN à dose de Biochar.

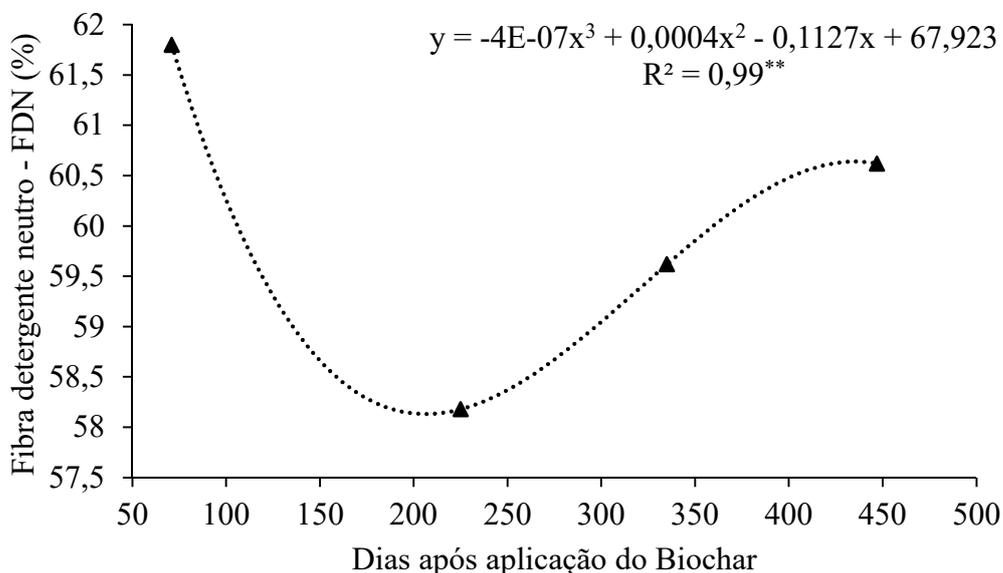


Figura 5 - Percentual de FDN em função dos dias após a aplicação do Biochar.  
Fonte: Autora (2025).

Observa-se que o teor de FDN apresentou redução acentuada nas fases iniciais (até aproximadamente 200 dias), seguida de incremento progressivo até os 447 dias após a aplicação do Biochar. Essa tendência indica que os efeitos do Biochar

sobre a estrutura das paredes celulares da planta não são imediatos, e que há uma resposta dinâmica da planta forrageira ao longo do tempo, influenciada possivelmente por fatores como disponibilidade de nutrientes, alterações no pH do solo e mudanças na microbiota rizosférica (LEHMANN et al., 2011; ZIMMERMAN et al., 2011).

A redução inicial da FDN, atingindo valores próximos a 58%, é desejável do ponto de vista zootécnico, uma vez que a FDN está associada à fração fibrosa da planta que limita o consumo voluntário de matéria seca pelos ruminantes. Quanto menor o teor de FDN, maior é a capacidade do animal de ingerir alimento, refletindo em melhor desempenho produtivo (VAN SOEST, 1994). Segundo Valadares Filho et al. (2011), valores elevados de FDN comprometem a digestibilidade e limitam a ingestão de forragem.

A posterior elevação nos teores de FDN, especialmente após os 335 dias, pode estar associada ao avanço do ciclo vegetativo da planta, com acúmulo de componentes estruturais como celulose, hemicelulose e lignina, fenômeno também descrito por Martuscello et al. (2009), que destacam a influência da idade do perfilhamento sobre a composição bromatológica das forragens.

Assim, a curva observada evidencia um efeito transitório e oscilante do Biochar sobre a FDN ao longo dos 447 dias, reforçando a importância do monitoramento contínuo da qualidade bromatológica das forragens, sobretudo em sistemas intensivos de produção animal.

#### **4.5 Produtividade de massa seca (PMS)**

A Figura 6 ilustra a variação da PMS das cultivares de capim elefante BRS Capiáçu e BRS Kurumi com o decorrer do tempo após a aplicação de Biochar. Observa-se que a PMS ao longo do tempo depende da cultivar, onde a cv. BRS Kurumi apresentou menor variação que a cv. BRS Capiáçu.

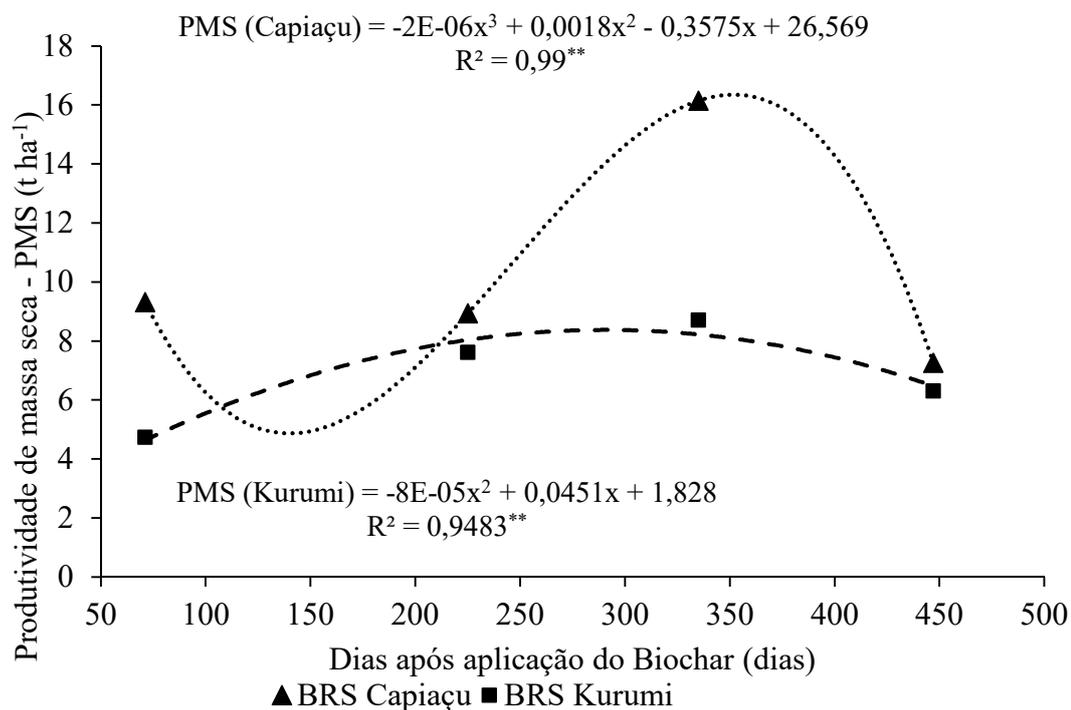


Figura 6 - Variação da PMS das cultivares de capim elefante BRS Capiaçú e BRS Kurumi em função dos dias após a aplicação do Biochar.

Fonte: Pacheco (2022)

No início, a PMS apresentou valor consideravelmente elevado, seguida por uma queda por volta de 140 dias e um pico expressivo próximo aos 360 dias após a aplicação do Biochar, atingindo valores superiores a 16 t ha<sup>-1</sup>. Esse pico de produtividade é seguido por declínio em ambas cultivares, no entanto, pouco expressivo para BRS Kurumi, o que pode ser relacionado a interferência de temperaturas mais baixas na quarta avaliação por volta de maio de 2022 (Figura 2), o que afetou o desenvolvimento das forrageiras. Esse padrão até por volta da 3ª avaliação (335 dias) sugere que o Capiaçú apresenta resposta tardia ao insumo, com maior acúmulo de biomassa em estágios mais avançados de desenvolvimento, comportamento também descrito por Pacheco et al. (2024), que observaram aumentos graduais na produtividade de massa seca em função do efeito residual do Biochar. Por outro lado, o desenvolvimento de forrageiras tropicais é variável ao longo das estações do ano, com maior produtividade na primavera e verão, e menor, no outono e inverno (Barioni et al., 2003).

Na cv. BRS Kurumi, cuja curva foi ajustada por uma equação quadrática ( $R^2 = 0,9483$ ), demonstrou uma produtividade mais precoce e estável ao longo do tempo,

com a PMS variando entre 10 e 12 t ha<sup>-1</sup>. Segundo Silva (2022), a cv. BRS Kurumi apresentou crescimento vigoroso nos primeiros estágios após o plantio, o que justifica seu desempenho mais uniforme, mesmo sob influência do Biochar. Essa estabilidade sugere que o Kurumi possui um ciclo de crescimento mais curto e uniforme, o que o torna potencialmente mais adequado a sistemas de pastejo rotacionado ou a manejos com cortes mais frequentes.

Comparando as duas cultivares, verifica-se que a cv. BRS Capiaçú possui maior potencial produtivo, especialmente em períodos mais longos após a aplicação do Biochar. Já a cv. BRS Kurumi, embora com produtividade inferior, se destaca pela constância e antecipação da resposta, características desejáveis em sistemas de produção mais intensivos. Tais diferenças entre cultivares em resposta ao Biochar também foram evidenciadas por Pacheco (2022), que destacou a interação significativa entre as cultivares e as propriedades físicas e químicas do solo alteradas pela aplicação do Biochar.

Esses resultados reforçam a importância da escolha da cultivar em conjunto com a adoção de práticas sustentáveis como o uso de Biochar, que pode influenciar diretamente a dinâmica de crescimento e a eficiência produtiva das forrageiras (Pacheco et al., 2024).

A figura 7 mostra a PMS das cultivares de capim elefante em função das doses crescentes de Biochar aplicadas.

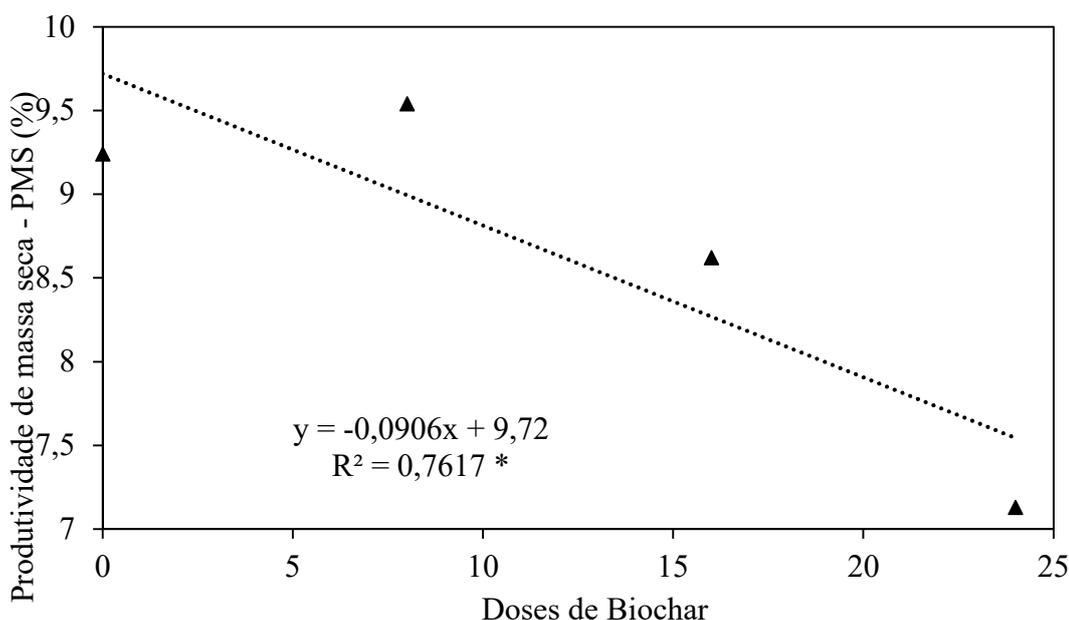


Figura 7 - PMS em função da dosagem de Biochar.

Fonte: Pacheco (2022)

O comportamento observado indica uma resposta negativa linear da PMS às doses de Biochar, ou seja, à medida que as doses aumentam, a PMS diminui. Este padrão sugere que, ao contrário do esperado para um condicionador de solo, o Biochar, nas condições avaliadas, não proporcionou ganhos em produtividade e, em doses mais elevadas ( $24 \text{ t ha}^{-1}$ ), contribuiu para a redução significativa da produção forrageira.

Esse resultado pode estar relacionado a diversas características do Biochar, sendo a mais destacada sua elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), que pode causar imobilização de nitrogênio no solo, especialmente nas fases iniciais de mineralização da matéria orgânica, como já discutido anteriormente. Quando a relação C/N é elevada, os microrganismos decompositores utilizam o nitrogênio disponível para seu próprio metabolismo, reduzindo a disponibilidade deste nutriente para as plantas (GLASER; LEHMANN; ZECH, 2002; OLIVEIRA et al., 2019).

Por outro lado, essa redução da produtividade com o incremento da dose de Biochar pode ter tido influência por outros fatores além do condicionador em si. Isso porque os valores de PMS representam a média das duas cultivares, que além de serem diferentes entre si, a Capiacu teve maior redução de produtividade na quarta avaliação (447 dias) do experimento (Figura 6), possivelmente pelas baixas temperaturas observadas em maio de 2022 (Figura 2), deslocando então a média das cultivares para baixo.

De qualquer forma, a aplicação do Biochar como insumo isolado, nas condições deste estudo, parece não promover efeitos produtivos desejáveis, sobretudo quando aplicado em doses superiores a  $8 \text{ t ha}^{-1}$ . A dose inicial ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ ) resultou na maior PMS ( $\approx 9,7\%$ ), o que corrobora a hipótese de que os solos da região, quando bem manejados, já oferecem condições favoráveis à produção, e que o Biochar, sem ajustes adicionais, pode comprometer a eficiência da cultura.

#### **4.6 Implicações Práticas e Manejo**

A janela ideal de corte para maximizar qualidade nutricional está entre 225 e 335 dias após aplicação de Biochar. A aplicação de Biochar é promissora para

aumentar a produção de matéria seca, mas não substitui completamente a adubação nitrogenada para manter níveis elevados de PB. Cultivares devem ser escolhidos com base na estratégia de uso: Kurumi para qualidade, Capiáçu para volume. A integração dessas informações no planejamento forrageiro pode aumentar a sustentabilidade e a eficiência dos sistemas de produção animal.

O resultado mostra que a escolha da cultivar e o tempo de avaliação exercem grande influência sobre a produtividade, corroborando estudos como os de Pereira et al. (2021), que destacam a superioridade produtiva da BRS Capiáçu em relação à Kurumi em ambientes tropicais, especialmente sob manejo intensivo. Além disso, a resposta significativa à dose confirma o potencial do Biochar em alterar a produção de biomassa no curto prazo, embora a tendência observada em gráfico anterior indique resposta negativa a doses muito elevadas, possivelmente por imobilização de nutrientes.

## 5. CONCLUSÕES

A cv. BRS Capiáçu apresenta maior produtividade de massa seca em todas as épocas avaliadas, destacando-se pelo seu elevado acúmulo de biomassa.

A cv. BRS Kurumi apresenta maiores teores de proteína bruta e menores teores de FDN e FDA quando comparada à BRS Capiáçu, independentemente da dose de Biochar e da época de avaliação.

As doses de Biochar não influenciam significativamente os teores de FDN, FDA e PB, e negativamente a produtividade de massa seca em doses superiores a 8 Mg ha<sup>-1</sup>, especialmente para a cv. BRS Capiáçu, nas condições do estudo.

O Biochar apresentou efeito limitado no curto prazo sobre os parâmetros de qualidade bromatológica e sua aplicação deve ser acompanhada de avaliações agrônômicas mais prolongadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Relatório anual 2023**. São Paulo: ABIEC, 2023.

ALMEIDA, R. G. R. et al. Eficiência produtiva e econômica de sistemas intensivos de criação de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. e20180234, 2019.

ALMEIDA, R. G. R. et al. Produção animal em sistemas integrados: ILP e SAF como ferramentas de sustentabilidade. **Agropecuária Técnica**, v. 40, n. 1, p. 56–66, 2021.

ATKINSON, C. J. et al. Biochar effects on yield of temperate crops: a meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, p. 1–9, 2010.

BARIONI, L. G.; MARTHA JR., G. B.; RAMOS, A. K. B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D.C.; VILELA, L. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-154.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2020.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

CAVALCANTE, L. M. et al. Características produtivas e morfogênese de gramíneas tropicais sob regimes hídricos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, e20190273, 2020.

CLOUGH, T. J. et al. Biochar sequestration in soil: mechanisms and implications. **GCB Bioenergy**, v. 5, n. 2, p. 160–170, 2013.

CONZ, R. F. et al. Biochar: condicionador de solo promissor para a agricultura tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 802–808, 2015.

COSTA, K. A. P. et al. Características produtivas e qualitativas de forrageiras tropicais em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 4, p. 409–419, 2018.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos-INCT-Ciência Animal**, 2ª ed. Visconde do Rio Branco, Minas Gerais: Suprema, 2021, 350p.

DIAS FILHO, J. M. **Pastagens degradadas: estratégias de recuperação e manejo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

EMBRAPA. **BRS Capiaçú e BRS Kurumi: cultivares de capim-elefante para sistemas intensivos de produção animal**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021.

EMBRAPA. **BRS Capiaçú: nova opção para produção intensiva de forragem**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017.

EMBRAPA. **BRS Kurumi: cultivar de capim-elefante para pastejo intensivo**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS Capiaçú: capim-elefante de alta produtividade para uso intensivo**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>. Acesso em: 12 abr. 2025.

EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente – mercado**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 61 p. il. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, n. 85).

EUCLIDES, V. P. B. et al. **Produção animal em pastagens: fundamentos para o manejo sustentável**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of food and agriculture 2022*. Rome: FAO, 2022.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – an example from Brazil. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 512–519, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

FERREIRA, D. J. et al. Respostas produtivas do capim-elefante adubado com nitrogênio em diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 131–137, 2016.

FERREIRA, D. J.; COSTA, K. A. P. Composição bromatológica de gramíneas tropicais sob irrigação e adubação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 24, p. e45622, 2023.

GLASER, B. et al. The Terra Preta phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, v. 88, p. 37–41, 2001.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 219–230, 2002.

GSST – Glossário de Termos Utilizados na Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008.

JANK, L. et al. Melhoramento genético de forrageiras tropicais. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 255–263, 2011.

JIANG, X. et al. Biochar enhances soil fertility and crop productivity in temperate and tropical regions: a meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 312, p. 107328, 2021.

LEHMANN, J. et al. Biochar effects on soil biota – A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p. 1812–1836, 2011.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed.). **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**. 2. ed. New York: Routledge, 2015.

MAJOR, J. et al. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. **Plant and Soil**, v. 333, p. 117–128, 2010.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de capim-elefante sob adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1476–1485, 2009.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. B. O sistema de produção de bovinos de corte no Brasil: uma análise crítica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 11, p. 654–671, 2014.

MIZUBUTI, I. Y. et al. Composição química e digestibilidade in vitro de cultivares de capim-elefante colhidos em diferentes idades. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 205–212, 2011.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.

OLIVEIRA, R. A. et al. Relação C/N e mineralização de resíduos orgânicos em solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 209–217, 2019.

OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, M. E. R.; LIMA, J. F. Fertilidade do solo em sistemas de produção no Cerrado: desafios e estratégias. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, p. 498–507, 2021.

PACHECO, L. B. et al. Biochar na fertilidade do solo, morfometria e produção de cultivares de capim-elefante. **Revista Caatinga**, v. 37, e11786, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711786rc>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PACHECO, R. F. **Avaliação do uso de biochar na produção de forragem de capim-elefante em ambiente irrigado**. 2022. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

PEIXOTO, C. A. et al. Avaliação de cultivares de capim-elefante para pastejo em sistemas intensivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 5, p. 212–218, 2016.

PEREIRA, A. V. et al. Características agronômicas e estratégias de manejo do capim-elefante BRS Kurumi. **Revista Brasileira de Forragicultura**, v. 14, n. 3, p. 110–119, 2014.

PEREIRA, L. G. R. et al. Produção de forragem e eficiência de uso da água em capim-elefante sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 1, p. 148–156, 2021.

PEREIRA, M. L. A. et al. Manejo sustentável da irrigação em pastagens: impacto sobre solo e produtividade. **Irriga**, v. 27, n. 3, p. 409–423, 2022.

PRADO, I. N. et al. **Forragicultura e produção animal: desafios e perspectivas**. Maringá: Eduem, 2015.

ROCHA, R. M. et al. Composição bromatológica e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais no Cerrado brasileiro. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 19, e4395, 2018.

RUPOLLO, G. Capim-elefante: qualidade e adaptabilidade para a produção de leite. **MilkPoint**, 2019. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SANO, E. E. et al. Mapeamento de uso da terra do Cerrado: implicações para políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 25, n. 2, p. 189–206, 2008.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. E. R. et al. Avaliação da qualidade nutricional de capins BRS Kurumi e Capiacu sob irrigação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 42, p. e49293, 2020.

SANTOS, M. E. R. et al. Efeitos do biochar na fertilidade do solo e produtividade de forrageiras tropicais. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 377–386, 2022.

SANTOS, M. E. R. et al. Estratégias nutricionais para bovinos de corte em sistemas semi-intensivos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, p. e49812, 2021.

SILVA, A. F. et al. Crescimento e valor nutritivo do capim-elefante sob adubação nitrogenada e irrigação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 42, p. e48239, 2020.

SILVA, A. R. **Uso de biochar na adubação de capim-elefante sob irrigação**. 2022. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2022.

SILVA, P. S. F. **Desempenho morfológico e produtivo de cultivares de capim-elefante sobre diferentes doses de biochar**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3240>. Acesso em: 12 maio 2025.

SILVA, J. C. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de capim-elefante em diferentes solos tropicais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 1, p. 91–98, 2021.

SILVA, M. A. S. et al. Dinâmica do carbono em solo sob aplicação de biochar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 993–1004, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000300036.

SILVA, R. R. et al. Novos sistemas de produção de bovinos de corte em pastejo: maximizando a produção com baixo impacto ambiental. **Revista Científica de Produção Animal**, João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 229–240, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rcpa/article/view/42827>. Acesso em: 13 maio 2025.

TEIXEIRA, P. C. et al. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; SAMPAIO, C. B. Parâmetros nutricionais e produtivos em bovinos de corte a pasto recebendo diferentes quantidades de suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1788–1798, 2011.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos para bovinos – BR-CORTE**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2016.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VILELA, H. H. et al. Potencial forrageiro e qualidade de silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 5, p. 219–227, 2016.

ZHANG, J. et al. Effects of biochar on soil properties and forage productivity: a meta-analysis. **Soil and Tillage Research**, v. 199, 104597, 2020.

ZIMMERMAN, A. R.; GAO, B.; AHN, M. Biochar stability and its effect on the retention of nutrients in soil: a review. **Chemosphere**, v. 82, n. 1, p. 116–123, 2011. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.010.