

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
PEDRO SANTHYAGO FERREIRA DA SILVA

**DESEMPENHO MORFOMÉTRICO E PRODUTIVO DE CULTIVARES
DE CAPIM ELEFANTE SOBRE DIFERENTES DOSES DE BIOCHAR**

CERES – GO

2022

PEDRO SANTHYAGO FERREIRA DA SILVA

**DESEMPENHO MORFOMÉTRICO E PRODUTIVO DE CULTIVARES
DE CAPIM ELEFANTE SOBRE DIFERENTES DOSES DE BIOCHAR**

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

**CERES – GO
2022**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SS1586
d Silva, Pedro Santiago Ferreira da
DESEMIENOS MORFOMÉTRICOS E PRODUTIVO DE CULTIVARES
DE CADIM ELEFANTE SOB DIFERENTES DOSES DE BIOCHAR
/ Pedro Santiago Ferreira da Silva; orientador Dr.
Roriz Luciano Machado. -- Ceres, 2022.
28 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

1. Forrageicultura. 2. Condicionador de solo. 3.
Densidade populacional. I. Machado, Dr. Roriz Luciano,
orient.. II. 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:
Matrícula:
Título do Trabalho:

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:

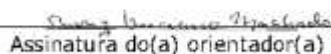
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal 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, 02 / 12 /2022.
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) um dia(s) do mês de dezembro do ano de dois mil e reinte e dois realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Pedro Santhiago Ferreira da Silva, do Curso de Agronomia, matrícula 20181032000240336 cujo título é "Desempenho morfológico e produtivo de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar". A defesa iniciou-se às 8 horas e 20 minutos, finalizando-se às 10 horas e 32 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho aprovado com média 8,9 no trabalho escrito, média 9,2 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 9,0 de **pontos**, estando o(a) estudante apto 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.

Roziz Luciano Machado

Assinatura Presidente da Banca

Anelio L. A. Martins

Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Leiane Batista Poches

Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por toda honra e glória concedida. A Nossa Senhora Aparecida, que passa sempre a frente iluminando todos os caminhos, e, a todos, que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado a oportunidade de iniciar neste “mundo” acadêmico, um lugar que me proporcionou tantos conhecimentos, muitas amizades, que me fez ser mais forte, descobrir em mim a determinação e paciência que até então nem eu mesmo sabia que tinha.

A minha família, meus pais Valdeir Divino e Silvania Ferreira, meus irmãos João Eduardo, Leticia Ferreira e Rafael. Todos vocês foram e sempre serão meus parceiros, meu apoio, o porto seguro, o lugar que eu sempre poderei procurar nas minhas dificuldades. Vocês sempre me estenderam a mão e acreditaram em mim, até quando eu mesmo duvidava. Somos e sempre seremos todos por um. Sem vocês nada teria sido possível!

A todos meus parceiros da faculdade e da vida, Matheus Lucas, Thiago Barbosa, com vocês a caminhada acadêmica foi mais leve e divertida.

A meus amigos e companheiros de projeto, Laiane Pacheco e Matheus Aparecido, pessoas iluminadas que leva o bem por todos os lugares que passam, exemplos de pessoas que vou levar em meu coração e para a vida.

Em especial ao meu professor Roriz Luciano Machado, cujo sou profundamente admirado e grato por sua orientação, incentivo, apoio incondicional, amizade e conhecimento, além de ser um modelo de profissional para alunos e educadores.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, por todo o suporte e apoio desde o ensino médio, integrado ao técnico, com certeza com a qualidade de ensino terei meu diferencial na vida profissional.

RESUMO

O capim elefante (*Pennisetum purpureum Schumach*) é uma das forrageiras mais produtivas. Aumentar a produção das forragens é um objetivo contínuo pois é a base da pecuária brasileira. No cerrado, fertilidade e disponibilidade de água no solo são fatores limitantes na produção de forragem. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres em delineamento estatístico em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (2 x 4), sendo 2 cultivares (BRS Capiaguá e BRS Kurumi) e 4 doses (0, 8, 16 e 24 Mg ha⁻¹) de biochar, com 4 repetições. Foram avaliados em duas diferentes épocas após a aplicação do biochar: 225 e 447 dias. Os atributos avaliados foram: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), número de perfilhos (NP), teor de matéria seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV) e produtividade de massa seca (PMS). Os dados foram submetidos à análise de variância (anova). Na avaliação de 225 dias apenas as variáveis AP e NP foram estaticamente significativas para o fator cultivar. Na avaliação aos 447 dias as variáveis AP, NF, TMS e F/C, diferiram para o fator cultivar. Não houve efeito de doses de biochar. Nas condições de estudo o biochar apresentou efeitos menores que o esperado, devendo ser melhor estudado.

Palavras-chave: Forragicultura. Condicionador de solo. *Pennisetum purpureum*.

ABSTRACT

Elephant grass (*Pennisetum purpureum Schumach*) is one of the most productive forages. Increasing forage production is a continuous goal because it is the basis of Brazilian cattle raising. In the cerrado, soil fertility and water availability are limiting factors in forage production. The objective of the work was to evaluate the performance of elephant grass cultivars under different doses of biochar. The experiment was conducted at the Federal Institute of Goiás – Campus Ceres, in a statistical design in randomized blocks (DBC) in factorial scheme (2 x 4), with 2 cultivars (BRS Capiapu and BRS Kurumi) and 4 doses (0, 8, 16 and 24 Mg ha⁻¹) of biochar, with 4 repetitions. They were evaluated at two different times after biochar application: 225 and 447 days. The attributes evaluated were: plant height (AP), stem diameter (DC), number of leaves (NF), number of tillers (NP), dry matter content (TMS), green matter productivity (PMV) and dry matter productivity (PMS). The data were submitted to analysis of variance (anova). At 225 days, only the AP and NP variables were statistically significant for the cultivar factor. In the evaluation at 447 days the variables AP, NF, TMS and F/C, differed for the cultivar factor. There was no effect of biochar doses. Under the conditions of this study, biochar presented lesser effects than waiting, and should be better studied.

Keywords: Forage crops. Soil conditioner. *Pennisetum purpureum*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização da área experimental | 14 |
| Figura 2. Vista do tanque classe A..... | 17 |
| Figura 3. Irrigação da área experimental..... | 18 |
| Figura 4. A- Determinação de altura das plantas; B- Colheita das plantas na área útil; C- Contagem dos perfilhos; D- Pesagem das amostras..... | 19 |
| Figura 5. Moagem das amostras em moinho tipo Willy (A) e determinação do teor de matéria seca (B). Fonte: Pedro Santhyago, (2022)..... | 20 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Datas das avaliações e períodos de rebrota e incubação do biochar em cultivares de capim elefante..... | 15 |
| Tabela 2. Resultado da análise química do Biochar | 15 |
| Tabela 3. Resultados da análise química e física de amostras de solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m de profundidade. | 15 |
| Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de atributos morfométricos e produção de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar aos 225 após aplicação | 21 |
| Tabela 5. Valores médios de variáveis morfométricas e produtivas de cultivares de capim elefante sob doses de Biochar aos 225 dias após a aplicação..... | 22 |
| Tabela 6. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de atributos morfométricos e produção de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar após 447 dias da aplicação | 23 |
| Tabela 7. Valores médios de variáveis morfométricas e produtivas de cultivares de capim elefante sob doses de Biochar aos 447 dias após aplicação | 24 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Produção de forragem no cerrado | 3 |
| 2.2 Características morfométricas e produtivas de cultivares de capim elefante, BRS Capiacu e BRS Kurumi..... | 4 |
| 2.3 Condições edafoclimáticas no Cerrado..... | 7 |
| 2.4 Condicionadores de solo..... | 9 |
| 2.5 Biochar..... | 11 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 14 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 21 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 25 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

| Símbolo/Sigla | Significado | Unidades de medida |
|---------------|---|--------------------|
| AP | Altura de Plantas | Centímetros (cm) |
| BAGCE | Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante | |
| DC | Diâmetro do colmo | Centímetros (cm) |
| EA | Eficiência da aplicação do sistema de irrigação | |
| ET0 | Evapotranspiração de referência | Milímetros (mm) |
| ETC | Evapotranspiração da cultura | Milímetros (mm) |
| EV | Evapotranspiração do Tanque | Milímetros (mm) |
| F/C | Relação folha/colmo | |
| KC | Coefficiente da cultura | |
| KP | Coefficiente do tanque | |
| NF | Número de folhas | Unidade |
| NS | Não Significativo | |
| PMV | Produtividade de massa verde | t ha ⁻¹ |
| PMS | Produtividade de massa seca | t ha ⁻¹ |
| TMS | Teor de matéria seca | % |
| TI | Tempo em minutos | |
| TPI | Terras pretas de índios | |
| Mg | Mega grama = tonelada | Mg |

1. INTRODUÇÃO

As pastagens compõem a base alimentar da pecuária bovina brasileira, possibilitando a redução de custos na produção por ser uma fonte econômica de alimentação para o rebanho (DIAS FILHO 2016).

Muitas áreas de pastagens atualmente têm histórico de cultivo há muitos anos, sem o manejo adequado da fertilidade e da conservação de solos, estando, hoje, com certo nível de degradação, apresentando baixa produtividade (NUNES, 2019). Vários são os fatores que podem limitar a produtividade das forrageiras, como disponibilidade de água, fotoperíodo, fertilidade e manejo das forrageiras, etc.

Para se melhorar a fertilidade, vários condicionadores de solos foram criados nas últimas décadas sendo um deles o biochar, que vem sendo bastante estudado (NÓBREGA, 2011). O biochar é uma biomassa carbonizada utilizada para o condicionamento do solo, com intuito de obter ganhos agrônômicos, melhorar os atributos edáficos e qualidade do solo, e assim, melhorar a produtividade das culturas. O biochar exerce funções importantes, sendo elas: o estoque de carbonos por períodos longos, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, capacidade de retenção de água e nutrientes.

A motivação para a transformação da biomassa em biochar é baseada em solos da região amazônica, chamados de “Terras Pretas de Índio” ou Indian Dark Earth. Esses solos apresentam alta fertilidade e carbono estável em sua fração orgânica, o que contrasta fortemente com os solos adjacentes, que se caracterizam por ter baixa fertilidade e uso agrícola limitado (GLASER et al., 2001).

Produto da degradação térmica de materiais orgânicos na presença limitada de oxigênio (pirólise), o biochar tem sido utilizado como condicionador do solo, sendo capaz de elevar a sua fertilidade. Além disso, este material também favorece a absorção de nutrientes pelas plantas, além de incrementar os teores de C (carbono) orgânico lábil, N (nitrogênio) e favorece a mineralização destes nutrientes, promovendo aumento na produtividade da cultura (OLIVEIRA et al., 2021).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) tem papel de destaque, pois é uma forrageira perene, de elevado potencial de produção de massa seca. É uma das forrageiras mais importantes e cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Destaca-se pelo alto potencial de produção de biomassa, qualidade da forragem, vigor e persistência. É usada principalmente como capineira, mas também pode ser usada para

ensilagem e pastejo (ROSA, 2019). Segundo o mesmo autor, a Embrapa lançou duas novas cultivares de capim elefante, a BRS Capiçu, em 2016 e a BRS Kurumi em 2014.

São poucos os estudos na literatura que abordam o uso de biochar em capim elefante no cerrado, o que motivou o estudo. Assim, o trabalho objetivou avaliar o desempenho produtivo e morfométrico de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de forragem no cerrado

Segundo Sano et al. (2008), o Cerrado possui uma área de 204,7 milhões de hectares, englobando parte dos estados como Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal. Dentre os 204,7 milhões de hectares, 80 milhões é usado para produção agrícola, se aproximando de 39,5% da sua área total. Nessa produção a categoria que mais se destaca é a de produção de pastagens correspondendo a 26,5% do bioma.

O sistema de produção de bovinos mais utilizado no Brasil ainda é o extensivo. O bioma Cerrado, especialmente a parte que compreende a região Centro-Oeste, concentra a maior parte do rebanho bovino destinado à produção de carne. No entanto, nessa região o déficit hídrico na estação seca leva a uma grande sazonalidade na produção de forragem com redução da quantidade e qualidade oferecida aos animais Bhering et al. (2008).

Para Martha Júnior e Vilela (2002), as pastagens são a principal fonte de alimentos para os bovinos no Brasil, sendo isso ainda mais aparente no Cerrado brasileiro, a mais importante região produtora de carne bovina no país

A área de pastagens em solo do Cerrado brasileiro cresceu aproximadamente 25% na última década. A expansão da fronteira agrícola no Cerrado possui limites, sendo controlada com a obrigação de manutenção de áreas de proteção com vegetação natural, maior aplicação e fiscalização de leis, exigências ambientais referentes à abertura de novas áreas e áreas de pastagens degradadas que estão em processo de recuperação (MACEDO, 2005).

O uso de fertilizantes na agricultura sempre foi a base para se alcançar níveis satisfatórios de produtividade. Desde 1998 há se uma cultura de aplicação irrisória de fertilizantes em pastagens. Isso se deve pela questão cultural, tradicionalismo da exploração agropecuária e falta de instrução e acompanhamento técnico de profissionais da área (BARCELLOS; VILELA; LUPINACCI, 2001).

Peron e Evangelista (2004), acreditam que devido à falta de utilização de fertilizantes em pastagens é muito comum ocorrer o fenômeno de degradação da pastagem. Isso causa a redução da fertilidade do solo, em razão dos nutrientes perdidos no processo produtivo da pastagem. Estima-se que cerca de 80% dos 60 milhões de hectares brasileiros de pastagens estejam em algum grau de degradação.

Em áreas de pastagens degradadas é necessário tomar medidas para o seu reestabelecimento. Algumas medidas podem ser tomadas variando de acordo com a

necessidade e condição financeira do produtor. O processo de renovação de pastagens envolve o uso de mecanização para o preparo da área e adubação. Dentre outros processos pode-se citar também a implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais (DIAS-FILHO, 2005).

Em um sistema de produção de pastagem o uso de fertilizantes nitrogenados confere resultado positivo aumentando a produtividade e fornecendo outros nutrientes à planta forrageira. A ureia se mostra como o menor custo por quilograma de nitrogênio, porém, apresenta maior volatilização em comparação a outras fontes de nitrogênio fazendo-se necessário um estudo caso para tomada de decisão adequada para o local (COSTA; DE OLIVEIRA; FAQUIN, 2006).

Aliada ao uso de fertilizantes e manejo adequado para a renovação de pastagens a utilização da irrigação vem sido muito difundida pelo país visando aumentar a capacidade produtiva das forrageiras tropicais. Esta resposta está diretamente relacionada com fatores climáticos, em especial o fotoperíodo e temperatura da região. Há também fatores como o mau uso da irrigação, resultando em prejuízos as forrageiras como desperdício de água e energia, lixiviação de nutrientes e maior compactação do solo (ALENCAR et al., 2009).

Para se alcançar maiores níveis de produtividade das forrageiras, seja no período de seca ou de chuvas, é necessário aplicar práticas de manejo adequadas para a produção de forragem e entender os mecanismos da planta. O manejo de pastagens considera tomadas de decisões que são capazes de manter um equilíbrio no local para alcançar e manter a elevada produtividade além da qualidade nutricional do pastejo para o animal (SOUSA et al., 2018).

De acordo com Rupollo (2013), o capim elefante tem estabilidade no seu ciclo de produção, que além de apresentar alto percentual de folhas disponíveis, representa boa qualidade comprovada pela PB, tornando atrativo para propriedades produtoras de leite que buscam forrageiras produtivas de boa qualidade e capazes de resistir às variações climáticas adversas.

2.2 Características morfométricas e produtivas de cultivares de capim elefante, BRS

Capiaçu e BRS Kurumi

No Brasil, cerca de 20% da área territorial é ocupada por pastagens. Isso leva a segunda maior produção de carne bovina no mundo (WEDEKIN, 2017). Entretanto, atualmente estima-se que 80% das pastagens cultivadas encontram-se em algum estágio de degradação devido à escolha de espécies forrageiras inadequadas, formação de pastagem e manejo incorretos (FAO, 2014).

O capim-elefante é originário do continente Africano, mais especificamente da África Tropical, entre 10°N e 20°S de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier (RODRIGUES et al., 2001). Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Encontra-se difundido nas cinco regiões brasileiras. Sua descrição original data de 1827 (TCACENCO, 1997).

O entendimento adequado dos efeitos de variação nas condições da forragem sobre o desempenho, tanto da planta, como do animal, e da resposta de ambos ao manejo que será adotado, somente poderá ser atingido quando se conduzir estudos baseados no controle de características do pasto, a fim de estabelecer uma estratégia ideal de manejo de pastagem (MARTUSCELLO, 2004).

Pereira (1999), caracterizou o capim-elefante como perene e com hábito decrescimento cespitoso. Suas características morfológicas e fenológicas variam muito, revelando a existência de grande diversidade genética na espécie (PEREIRA, 1999). A planta pode apresentar caules do tipo colmo eretos, cilíndricos, glabros e cheios, com touceiras com numerosos perfilhos, podendo alcançar 1 m de diâmetro.

A escolha da espécie forrageira é um fator altamente importante, que determinará a produtividade e longevidade da pastagem, juntamente com o manejo adotado. O solo constitui uma das partes determinantes do bom desenvolvimento de uma forrageira. Suas propriedades tanto químicas quanto físicas influem decisivamente no estabelecimento das pastagens. Assim, a fertilidade do solo destaca-se quando a meta é ter altas produções, não esquecendo que uma exploração racional é essencial para obter este resultado.

As características físicas do solo, como a textura, a estrutura e sua profundidade, desempenham papel limitante na seleção das espécies. O capim-elefante exige solos mais profundos e friáveis, com possibilidade de mecanização, além de práticas de reposição de nutrientes, para que seu estabelecimento e produção não sejam comprometidos. Um fator que nunca deve ser esquecido é o clima da região, pois não pode ser modificado. O capim-elefante tolera climas adversos, todavia, cada cultivar tem suas adaptações e tolerâncias, onde se adequam mais a cada condição em particular (ALCÂNTARA, 1983).

O capim-elefante é uma planta sensível ao encharcamento do solo. Desta forma, as áreas da propriedade sujeitas a inundações ou elevação do lençol freático devem ser evitadas. Além disso, áreas com declive acima de 25 a 30% não devem ser utilizadas, pois são de difícil mecanização, além do hábito de crescimento do capim-elefante que é cespitoso, e no início do estabelecimento pode deixar o solo descoberto, sujeito à erosão (DERESZ et al., 1994).

Pereira et al. (2021) afirmam que embora a cultivar apresente boa tolerância ao estresse hídrico, em locais sujeitos a períodos secos muito prolongados, o uso da irrigação garante a manutenção da produção de forragem.

As cultivares melhoradas apresentam vantagens significativas em relação às cultivares tradicionais (FERREIRA et al., 2016). A cultivar BRS Capiacu foi obtida pela Embrapa Gado de Leite pela seleção e clonagem de uma das progênies resultantes do cruzamento, realizado em 1991, entre os acessos do Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante - BAGCE, Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57). Clones desse híbrido foram avaliados em 23 locais em todas as regiões brasileiras, durante vários anos, tendo se destacado na maioria dos ambientes. Por causa do seu elevado porte e potencial de produção a cultivar recebeu a denominação de BRS Capiacu (em tupi-guarani, capiaçu significa “capim grande”). A cultivar foi registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) sob nº 33503 em 08/01/2015, bem como recebeu certificado de proteção de cultivares nº 20150124, em 23/01/2015. A Embrapa lançou essa cultivar em outubro de 2016 (PEREIRA, 2021).

Além das características descritas anteriormente, seu principal diferencial é o maior potencial de produção de biomassa, cerca de 30% superior às demais cultivares, alcançando em média $50 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de massa seca ou $300 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de massa verde, obtidas em três colheitas anuais. Outra característica favorável dessa cultivar é a sua moderada tolerância ao estresse hídrico, o que a torna alternativa ao cultivo do milho em regiões com alto risco de ocorrência de veranicos. Também apresenta maior teor de carboidratos solúveis e de proteína bruta, comparado a outras cultivares de capim-elefante, o que favorece o seu uso para produção de silagem (VILELA, 2016).

A BRS Capiacu pode ser cultivada em locais de clima tropical, sendo recomendada também para o Bioma Mata Atlântica. A cultivar é exigente em relação às condições do solo, devendo ser cultivada em solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade (SILVA et al., 2021).

A BRS Kurumi é um clone de capim-elefante, de propagação vegetativa, ciclo perene e porte baixo, sendo recomendada para uso sob corte ou pastejo. Essa cultivar caracteriza-se por apresentar touceiras de formato semiaberto, folhas e colmos de cor verde, internódios curtos. A cultivar foi obtida pela Embrapa Gado de Leite por meio de cruzamentos realizados entre as cv's Merkeron de Pinda (BAGCE 19) e Roxo (BAGCE 57), ambas pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante (BAGCE). Estas duas cultivares são de porte normal, porém, a cv. Merkeron de Pinda apresenta gene recessivo para nanismo na sua

constituição genética. As progênies deste cruzamento apresentaram porte normal e as melhores plantas foram selecionadas e cruzadas entre si. A nova progênie resultante apresentou segregação de indivíduos de porte alto e baixo e de coloração verde e roxa. A cultivar originou-se da seleção e clonagem de uma das progênies de porte baixo e coloração verde. A cultivar BRS Kurumi (em tupi-guarani, kurumi significa “menino”) foi registrada no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 17/04/2012, sob o número 28690 e recebeu certificado de proteção de cultivares em 02/02/2012, sob o número 20120164 e, tendo sido lançada pela Embrapa em 2014 (PEREIRA, 2021).

A BRS Kurumi se destaca pelo elevado potencial de produção de forragem (30 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS), alto valor nutritivo (18 e 20% de proteína bruta e digestibilidade entre 68 e 70%), elevada relação folha/caule e facilidade de manejo devido ao porte baixo. A BRS Kurumi não é adaptada a solos muito úmidos ou encharcados, portanto, não é recomendado o seu cultivo em áreas com essas condições de solo. A cultivar apresenta maior tolerância ao frio quando comparada a outras cultivares de capim-elefante e outras forrageiras tropicais. Sob condições de frio intenso ou ocorrência de geadas poderá ocorrer “queima” das folhas e perfilhos, contudo, passada a estação do inverno, as touceiras voltam a lançar novos perfilhos, sendo pouco comum ocorrer morte de plantas. Embora seja bastante tolerante ao estresse hídrico, períodos secos muito prolongados afetam também a produção de forragem dessa cultivar (PEREIRA e SILVA 2021).

2.3 Condições edafoclimáticas no Cerrado

De acordo com Oxford (2004), o planeta terra apresenta padrão complexo de climas, os quais, por sua vez, têm um papel importante na criação dos padrões complexos de vegetação e tipos de comunidades. Os ecólogos dividem esses padrões de grande escala em unidades denominadas biomas, as mais amplas comunidades bióticas reconhecidas em nível geográfico, definidos como subdivisões biológicas que refletem as características funcionais e fisionômicas da vegetação.

Raunkiaer (1934), mostrou ser possível definir e caracterizar unidades ecológicas, inicialmente referidas como formações vegetais, por serem baseadas exclusivamente em critérios botânicos, em que a aparência da vegetação e as formas de vida predominantes são uniformes. Essa forma das plantas foi reconhecida como o modo mais eficaz de definir os biomas em relação a qualquer outro sistema de classificação taxonômico ou evolutivo.

O clima do Cerrado é caracterizado, principalmente, pela existência de duas estações bem definidas e distintas, uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril. Para permitir a produção agrícola durante o período seco, a prática da irrigação é fundamental. Mesmo no período chuvoso, quando é frequente a ocorrência de “veranicos”, ou seja, vários dias seguidos sem chuva, o uso da irrigação pode evitar grandes perdas de produtividade. Além da sazonalidade das chuvas, o Cerrado também apresenta grande variabilidade espacial da precipitação pluviométrica média anual, com lâminas que vão de 600 mm a 2000 mm (ASSAD; EVANGELISTA, 2001). Sua grande extensão territorial leva a existência de diferentes condições de solo e clima. Também conta com padrões climáticos sazonais (estação seca e estação úmida) que variam em intensidade, conforme a região e o período do ano (SETTE, 2005).

A temperatura média anual fica em torno de 22°C e 23°C, as temperaturas máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Já as temperaturas mínimas podem variar bastante (MARCUIZZO et al., 2012) dependendo da região.

Segundo VAN SOEST (1994), o solo, o clima, o animal e as doenças influenciam no crescimento e na composição das plantas forrageiras. As plantas utilizam a energia solar para fixação do carbono dentro das estruturas, e a distribuição do carbono, bem como, da energia fixada nas partes da planta são amplamente afetadas por fatores externos do ambiente. Deste modo, o valor nutritivo e a qualidade da forragem são consequências das condições das plantas forrageiras, entretanto, admite-se que o cálcio nos tecidos das plantas, presta-se à formação de sais insolúveis como o ácido oxálico, o que reduz drasticamente a disponibilidade aos animais.

Ainda segundo Van Soest (1994), as elevadas temperaturas, promovem rápida lignificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta em decréscimo do pool de metabólitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. Nessas condições, são verificadas reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, a redução sensível dos níveis de digestibilidade.

O efeito direto dos fatores ambientais na estrutura do pasto e o reflexo desta estrutura no desempenho animal em resposta ao manejo adotado. Esse modelo é baseado na hipótese de que os recursos tróficos disponibilizados pelo meio (CO₂, N, água, radiação solar e

temperatura) ou por práticas de manejo (adubação e/ou fertilização) alteram as características morfogênicas do pasto que, por sua vez, alteram as características estruturais, condicionando assim a taxa de lotação e o comportamento ingestivo dos animais (SILVA & NASCIMENTO JR., 2007).

Portanto, as chuvas nessa vasta região têm distribuição espacial e temporal bastante irregular, registrando-se, em média, apenas de 10 % a 15 % do total anual no período seco, resultando em deficiências hídricas no solo variáveis entre 400 mm a 700 mm por ano, dependendo do local. Isso torna a irrigação prática indispensável para possibilitar o cultivo durante todo o ano e, assim, otimizar os fatores terra, capital e mão-de-obra no processo produtivo. A expansão da área irrigada nas últimas três décadas, especialmente na parte central do Cerrado, reflete o reconhecimento de muitos produtores sobre a importância da prática da irrigação como uma das opções tecnológicas para elevar a produtividade e garantir a estabilidade e diversificação da produção (ALBUQUERQUE, 2008).

2.4 Condicionadores de solo

Segundo Fageria e Souza (1995), os solos do Cerrado são geralmente ácidos e apresentam baixa fertilidade natural com baixo P, K e capacidade de troca catiônica (CEC) e alto teor de alumínio saturação.

Em estudo realizado por Dexter (2004), o autor observou que a qualidade de um solo é considerada sob três aspectos principais: físico, químico e biológico, em que a qualidade física assume importância na avaliação do grau de degradação do solo e na identificação de práticas de uso sustentáveis. Embora se admita que a verdadeira preocupação esteja com a qualidade física, esta tem afetado bastante as qualidades química e biológica, já que uma depende da outra, ou seja, melhorando a qualidade física de determinado solo indiretamente se está contribuindo para a melhoria das suas condições biológicas e químicas.

De acordo com o glossário de termos usados em ciência do solo (GSST, 2008) um “condicionador do solo” é um material que, de forma mensurável, melhora características específicas do solo para um determinado uso. Condicionadores de solo são então produtos que promovem a melhoria das propriedades físicas, químicas e/ou a atividade biológica do solo. O uso de resíduos orgânicos carbonizados vem sendo resgatado e avaliado como alternativa para melhorar a qualidade do solo. A decomposição térmica do material orgânico em condições limitadas de suprimento de oxigênio, e em temperaturas relativamente baixas, o material

produzido, conhecido como biochar, contribui para a manutenção da qualidade do solo (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

O processo de formação do biochar promove um rearranjo dos átomos de carbono, aumentando a porosidade do material. Isso proporciona melhoria nas propriedades químicas, principalmente pela alta superfície específica resultando em aumento da capacidade de troca de cátions e adsorção de nutrientes (ATKINSON et al., 2010).

Van Zwieten et al. (2010) observaram aumento de pH, capacidade de troca de cátions, K, Ca e carbono total após a aplicação de 10 t ha⁻¹ de biocarvão de resíduo de indústria de celulose, em experimento em casa de vegetação. Notaram ainda redução da acidez trocável e aumento na absorção de N por plantas de trigo após aplicação do biocarvão.

Segundo Marchi (2006), os condicionadores de solo são constituídos por ácidos húmicos e fúlvicos com concentrações variadas, sendo comercializados na forma líquida e sólida e podem apresentar, em sua formulação, concentrações variáveis de nutrientes, como cálcio, potássio, fósforo, nitrogênio e micronutrientes.

Já se conhece as vantagens de uso dos condicionadores organominerais no solo, para promoção de alterações das propriedades químicas e biológicas visando aumentar o teor de matéria orgânica, a diversidade e atividade da microbiota (GULLO, 2007). A utilização de bons materiais e boas condições de clima e fitossanidade propiciam desenvolvimento satisfatório das mudas, resultando futuramente em uma cultura com ótimo potencial produtivo (LUZ et al., 2004).

A maior parte dos adubos de origem orgânica (animal ou vegetal) contém vários nutrientes para as plantas (particularmente nitrogênio e fósforo, além de pequenas quantidades de potássio e elementos raros). Embora em concentrações muito inferiores às dos inorgânicos, podem contribuir significativamente para a nutrição vegetal, tal como de outros benefícios (MIRANDA et al., 2011).

Segundo Freire & Freire (2007), condicionadores orgânicos (esterco de curral, casca de arroz e vinhaça) também podem contribuir na redução da percentagem de sódio trocável (PST) devido, possivelmente à liberação de CO₂ e ácidos orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, além de atuarem como fontes de cálcio e magnésio, em detrimento do sódio. Além do potencial para melhorar as propriedades do solo, a utilização de condicionadores orgânicos aplicados à superfície do solo, também podem atuar como cobertura de solo, diminuindo a perda de umidade e aumentando a capacidade de retenção de água (Grose, 2011).

2.5 Biochar

A agricultura está entre as principais atividades antropogênicas que interferem nas mudanças climáticas, seja pelas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) devidas à produção de alimentos em si, seja pelas emissões destes gases causadas pelas mudanças no uso da terra. A produção de alimentos gera emissões em suas várias etapas, desde a produção de fertilizantes, o uso de combustível no transporte. As mudanças de uso da terra envolvem alterações nos estoques de carbono na vegetação e no solo (MAIA, 2010).

Os solos agrícolas, apesar de conterem pequena proporção do carbono do planeta, podem provocar mudanças significativas no fluxo anual de carbono atmosférico. Daí a importância de manter ou aumentar os estoques de carbono no solo, visto seu potencial de armazenamento ser praticamente ilimitado (SOHI et al., 2010)

A motivação para a transformação da biomassa em biocarvão é baseada em solos da região amazônica, chamados de “Terras Pretas de Índio” ou Indian Dark Earth. Esses solos apresentam alta fertilidade e carbono estável em sua fração orgânica, o que contrasta fortemente com os solos adjacentes, que se caracterizam por ter baixa fertilidade e uso agrícola limitado (GLASER et al., 2001).

Biochar é material rico em carbono obtido de biomassa carbonizada sob baixa concentração de oxigênio, para uso como condicionador de solos. Praticamente qualquer fonte de biomassa pode ser carbonizada. A produção de biochar está estreitamente associada à cadeia de bioenergia, como a do carvão e a dos processos de pirólise para a produção de bioóleo, entre outras (MAIA, 2010).

O carvão como matéria prima para a produção de biochar para uso no solo também é uma boa estratégia econômica, pois o Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal (cerca de 38,5%). Anualmente são produzidos no país em torno de 10 milhões de toneladas de carvão, dos quais cerca de 15% se perdem na forma de finos. Este subproduto da indústria carvoeira frequentemente não é utilizado na indústria siderúrgica (a maior consumidora de carvão) e, muitas vezes, torna-se um nocivo passivo ambiental. Existem diversas outras fontes importantes de biomassa residual nas cadeias da agroenergia: bagaço de cana, resíduos do babaçu, de soja, etc. Neste contexto, o biochar é uma tecnologia considerada “ganha-ganha”: ganha o ambiente por substituir uma matriz energética não-renovável por bioenergia, por reciclar seus resíduos e por aumentar os estoques de carbono estável no solo, ganha a economia pelo aumento da produtividade das lavouras e pela redução no uso de fertilizantes minerais (VERHEIJEN et al., 2009).

O conhecimento da sua estrutura e de suas propriedades vem possibilitando a busca por materiais e técnicas que visem mimetizá-lo através de práticas agrícolas (NOVOTNY, 2009). Segundo Lehmann e colaboradores (2009), pesquisas indicam que o uso do biochar tem um potencial global de sequestro de CO₂ atmosférico da escala de bilhões de toneladas (109 t ano⁻¹) no espaço de 30 anos.

De acordo com Petter (2010), o uso do carvão vegetal visando à melhoria dos atributos do solo vem sendo largamente estudado, mas pouco ainda se sabe de seu real potencial como condicionador e no sequestro de carbono. Estudos já realizados confirmam seu potencial para a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo.

O Biochar por ser uma biomassa carbonizada para o condicionamento dos solos, exerce funções de caráter importante como: estocar carbono no solo por períodos longos; capacidade de retenção (hídrica e nutrientes); reduzir a perdas de nutrientes por lixiviação. Novas tecnologias têm sido desenvolvidas com o objetivo de transformar biomassa e resíduos em produtos de maior valor agregado. Pesquisas têm mostrado que, com tratamento adequado, diferentes biomassas e resíduos podem ser utilizados para reter nutrientes no solo (GLASER; LEHMANN; ZECH, 2002).

Considerando a grande heterogeneidade de suas propriedades, os valores de pH do biochar são relativamente homogêneos, ou seja, são amplamente neutros para básicos. Valores de pH do biochar está em uma média de pH 8,1 em uma faixa total de pH 6,2 - 9,6. A extremidade inferior desta faixa parece ser de matérias-primas de resíduos verdes e casca de árvore, com a extremidade superior de matérias-primas para cama de frango (CHAN e XU, 2009).

Os benefícios do biochar são atribuídos à melhoria da água e ou retenção de nutrientes, especialmente, quando o biochar é usado em agricultura intensiva atual com o uso de maquinaria pesada, em oposição ao sistema de pequenos produtores o que culminou na formação da Terra Preta. Conz et al. (2015), definem o biochar como sendo o melhor condicionador de solos, pois atua na reestrutura, fertilizando o solo de maneira “permanente”. Aumenta a produtividade e diminui a necessidade de adubação mineral, dentre outros benefícios.

A incorporação de biochar no solo pode alterar as propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, distribuição de tamanho de poros e da densidade do solo, melhorando a aeração, capacidade de retenção de água, crescimento da planta e trabalhabilidade do solo (DOWNIE et al., 2009).

Para Clough et al. (2013), o aumento da produtividade pode ser atribuído em grande parte à capacidade desses biocarvões de aumentar a disponibilidade de nitrogênio, além de reduzir a acidez do solo e aumentar a retenção de nutrientes, principalmente potássio.

O biochar pode contribuir para a capacidade do solo agrícola de armazenar água e regular o tempo em que a água é mantida disponível para a transpiração da cultura. Isso foi relacionado ao biochar ativado que continha mais de 95% de microporos com um diâmetro < 2 nm. A porosidade do biochar consiste em grande parte de microporos, e dessa forma, a quantidade real de água adicional disponível dependerá da matéria-prima de biochar e a textura do solo em que é aplicada Tseng (2006).

Biochar em sistemas agrícolas irrigados ainda não foram explorados em detalhes. Se a capacidade de retenção de água do solo aumenta, isso pode hipoteticamente, reduzir a frequência de irrigação ou volume de irrigação. No entanto, a suscetibilidade potencial de partículas desintegradas de biochar para cimentar ou obstruir o solo também pode resultar em aumento do escoamento e menores taxas de infiltração (TRAZZI, 2018).

Nesse sentido o biochar apresenta expectativa de melhoramento nas características agronômicas de solos agrícolas. As condições em que a aplicação da biochar é benéfica para a agricultura e para o meio ambiente, deve ser considerada como parte de um pacote de conservação do solo para aumentar a resiliência do sistema agroambiental combinado com o sequestro de carbono. A estratégia agroindustrial de gestão de terras que melhor se adapte ao seu local é indispensável.

Outros métodos de sequestro e conservação de carbono, tais como plantio direto, cobertura morta, culturas de cobertura, rotações complexas de culturas, sistemas agrícolas mistos e sistemas agroflorestais, ou outra combinação destes, devem ser também levados em conta (PETTER, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, latitude 15°18'30" sul e longitude 49°35'54" oeste e com aproximadamente 571 metros de altitude (Figura 1). O solo da área é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico de acordo com Santos et al. (2018).



Figura 1. Localização da área experimental
Fonte: Google Earth, com modificações (2022)

O clima da região é Aw de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, onde no inverno praticamente não há pluviosidade que se concentra na sua quase totalidade, no verão (CARDOSO et al., 2014). O período chuvoso está compreendido de outubro a abril.

O experimento foi implantado em delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (2 cultivares x 4 doses de biochar) sendo as cultivares, BRS Capiaçú e BRS Kurumi, e as doses de biochar, 0, 8, 16 e 24 Mg ha⁻¹, com 4 repetições. As parcelas possuíram a dimensão de 3 x 3 m, sendo cada parcela com 4 linhas distanciadas de 1 m e com 2 m entre as parcelas. A área útil consistiu de um metro linear central em uma das linhas centrais da parcela.

A implantação do experimento ocorreu em 2019 com as cultivares BRS Capiaçú e de BRS Kurumi. O manejo do solo se deu em cultivo mínimo, com dessecação prévia com pulverização de herbicida glifosato duas vezes antes do sulcamento da área, seguido do sulcamento para o plantio. Sua propagação foi realizada plantando colmos em sulcos preparados no local já no local definitivo do experimento.

O experimento foi avaliado em novembro de 2021 e junho de 2022, com cortes prévios de padronização para início de cada avaliação (225 e 447 dias) Tabela 1. O momento de cada avaliação foi baseado no critério da altura da forrageira. Portanto, utilizou-se os parâmetros de aproximadamente 2 m de altura para a cultivar BRS Capiacu e 0,80 m para a cultivar BRS Kurumi, com corte rente ao solo.

Tabela 1. Datas das avaliações e períodos de rebrota e incubação do biochar em cultivares de capim elefante

| Avaliação | Data corte de padronização | Data de Avaliação | Período de rebrota (dias) | Tempo de incubação do biochar (dias) |
|-----------|----------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 02/08/2021 | 04/11/2021 | 94 | 225 |
| 2 | 23/02/2022 | 14/06/2022 | 111 | 447 |

A fonte do biochar utilizada foi fornecida pela empresa Biochar Brasil, gerada a partir do pó de carvão vegetal de madeira totalmente reflorestada de eucalipto. O produto foi aplicado dia 24 de março de 2021, de forma localizada, em três linhas de cada parcela, exceto na parcela de dose 0 Mg ha⁻¹. O biochar apresentou as características químicas de acordo com análises de rotina (Teixeira et al., 2018), representados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise química do Biochar

| Amostra | pH | MO | Ca | Mg | K | H+AL | Al | P | K | V | Are | sil | arg |
|---------|-----|------------------|-----|-----|-----|------------------|-----|--------------|-------|------|-----|-----|-----|
| Biochar | - | $\frac{g}{dm^3}$ | | | | $cmol_c dm^{-3}$ | | $mg dm^{-3}$ | | % | | | |
| | 6,8 | 1,95 | 7,0 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 0,0 | 78,7 | 764,5 | 85,9 | - | - | - |

Coletou-se com auxílio de um trado, amostras simples em 3 pontos diferentes em cada bloco do experimento na profundidade de 0-0,20 m. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Solos do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres seguindo a metodologia de Teixeira et al. (2018). A análise apresentou as seguintes características químicas (Tabela 3). Essa caracterização inicial da fertilidade do solo e mais outros critérios serviram de base para a recomendação de fertilizantes para o experimento.

Tabela 3. Resultados da análise química e física de amostras de solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m de profundidade.

| Bloco | pH | MO | Ca | Mg | Al | H+AL | P | K | V | Areia | Silte | Argila |
|-------|----|----|----|----|----|------|---|---|---|-------|-------|--------|
|-------|----|----|----|----|----|------|---|---|---|-------|-------|--------|

| | g dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | mg dm ⁻³ | | % | g kg ⁻¹ | | |
|-----|--------------------|-------|------------------------------------|------|------|------|---------------------|--------|-------|--------------------|-------|-------|
| I | 5,42 | 24,36 | 4,02 | 1,14 | 0,12 | 2,53 | 6,28 | 64,21 | 96,49 | 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 | 6,94 | 71,99 | 96,01 | 314,6 | 182,2 | 503,2 |
| IV | 6,11 | 29,40 | 6,81 | 4,09 | 0,05 | 2,76 | 7,03 | 136,13 | 98,16 | 317,6 | 190,1 | 492,3 |

No controle de plantas espontâneas foram realizadas capinas de acordo com a necessidade da cultura. Foi feita a irrigação suplementar. O sistema de irrigação utilizado foi de gotejamento e o sistema foi colocado sobre a superfície do solo com gotejadores dispostos a cada 20 cm. O sistema foi operado com pressão de serviço de 1 bar e vazão de 1,6 L h⁻¹ por gotejador. Foi aplicada a mesma lâmina de água para todas as parcelas. O manejo da irrigação foi via clima por meio da reposição da evapotranspiração da cultura. O monitoramento da evapotranspiração foi feito por meio de leituras diárias de evaporação do tanque Classe A, localizado na estação meteorológica sediada no IF Goiano - Campus Ceres. Para tanto, determinou-se a evapotranspiração de referência utilizando a Equação 1.

$$ET_0 = EV \times K_p \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

ET₀: evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

EV: evaporação do tanque; e

K_p: coeficiente do tanque = 0,65.

Após calcular o ET₀, foi determinada a evapotranspiração da cultura (ET_c), conforme Equação 2:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

ET_c: evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

ET₀ = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

K_c: coeficiente da cultura = 0,80.

Em seguida, calculou-se a lâmina bruta de irrigação (LB), ou seja, a lâmina aplicada, utilizando a Equação 3.

$$LB = ETc / Ea$$

Equação 3

Em que:

Ea - eficiência da aplicação do sistema de irrigação utilizado = 0,9.

Por fim, calculou-se o tempo de irrigação em minutos, utilizando a Equação 4.

$$Ti (\text{min}) = (60 \times LB \times EL \times Eg) / (Ea \times NL \times Qg) \text{ Equação 4}$$

Em que:

Ti (min): tempo em minutos;

LB = lâmina bruta, mm;

EL: espaçamento entre linhas = 1,0 m;

Eg = Espaçamento entre gotejadores = 0,2 m;

Ea = eficiência da aplicação do sistema de irrigação utilizado = 0,9;

NL = Número de linhas laterais/fileiras de planta = 1;

Qg = Vazão do gotejador = 1,6 L h⁻¹.

Os dados da evaporação diária do tanque classe A (Figura 3), foram inseridos diariamente em uma tabela e todas essas equações acima, eram resolvidas automaticamente, disponibilizando assim, o tempo de irrigação e a lâmina a ser aplicada.



Figura 2. Vista do tanque classe A
Fonte: Pedro Santhyago Ferreira da Silva, (2022).

Dois pluviômetros de acrílico com capacidade de até 130 mm, foram instalados na área do experimento, para comparar com as medições de chuvas ocorridas durante o período experimental figura 4.



Figura 3. Irrigação da área experimental.
Fonte: Pedro Santhyago Ferreira da Silva, (2022).

Durante a execução do projeto, de março de 2021 a junho de 2022, houve precipitação total de aproximadamente 1165,21 mm.

Antes da primeira avaliação (225 dias), foi realizada a adubação mineral de manutenção com 150, 90 e 111 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O e, 100, 90 e 74 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, para as cultivares BRS Capiáçu e BRS Kurumi, em função da produção de massa seca e exportação de nutrientes conforme Sousa & Lobato (2004). As dosagens acima foram divididas em duas aplicações para N e K com intervalo de 30 dias. Na segunda avaliação, a adubação realizada consistiu da aplicação de 52 e 50 kg ha⁻¹ de N via ureia (116 e 111 kg), e, após 30 dias, 36 e 24 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl (60 e 40 kg), para as cultivares BRS Capiáçu e BRS Kurumi respectivamente.

As variáveis avaliadas em cada avaliação (225 e 447 dias após aplicação do biochar) foram: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), relação folha colmo (F/C) e número de perfilho (NP), teor de matéria seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV) e produtividade de massa seca (PMS).

A amostragem ocorreu da seguinte maneira: com o auxílio de uma régua foram mensuradas a alturas de plantas em cinco pontos da área útil, e posteriormente, calculada médias entre as leituras, obtendo assim, a variável altura de planta (AP). Posteriormente, foi obtido a massa de parte aérea em 1 m linear da área útil de cada parcela, contadas as quantidades de perfilho de cada parcela, obtendo assim as variáveis: produtividade de massa verde (PMV) e número de perfilho (NP). Logo em seguida foram selecionados ao acaso 10 perfilhos, determinando o número de folhas por perfilho, tendo assim, a variável número de folhas (NF). Com paquímetro digital foram mensurados o diâmetro dos 10 colmos, obtendo a variável diâmetro do colmo (DC). Posteriormente, os 10 perfilhos foram pesados verdes e em seguida secos em estufa de ventilação forçada à 65° C por 72 horas. A relação folha colmo (F/C) foi determinada após essa etapa de secagem.

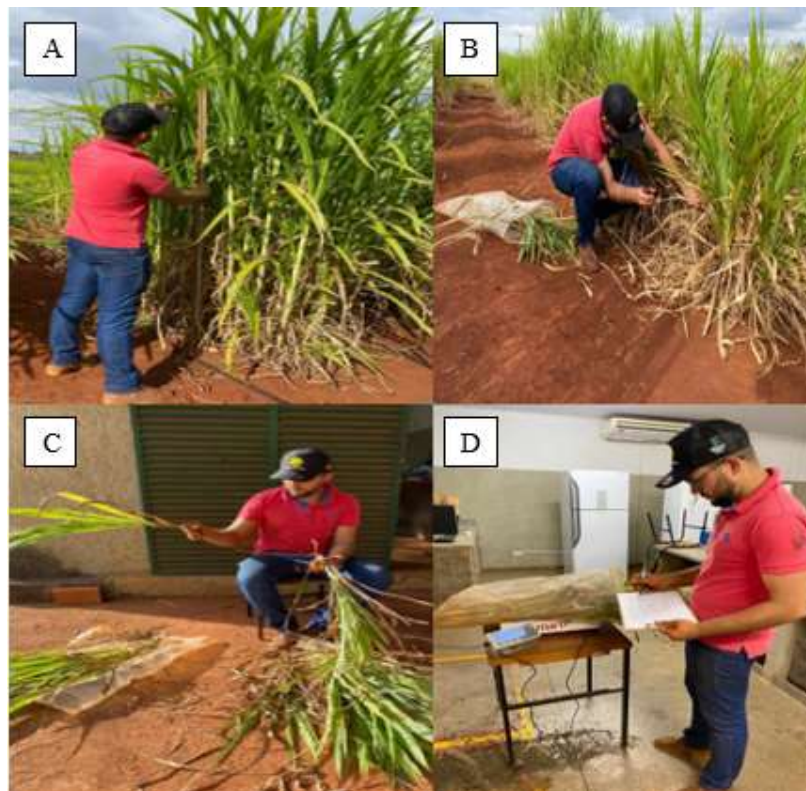


Figura 4. A- Determinação de altura das plantas; B- Colheita das plantas na área útil; C- Contagem dos perfilhos; D- Pesagem das amostras. **Fonte:** Pedro Santhyago Ferreira da Silva (2022)

As amostras secas a 65°C foram moídas a 1 mm em moinho tipo Willye (Figura 6), e utilizado 2 g para correção de matéria seca após secagem em estufa à 105° por 24 horas determinando-se a umidade gravimétrica. O produto entre as duas umidades constituiu o

TMS. Com esses dados e de produtividade de massa verde se determinou a produtividade de massa seca (PMS).

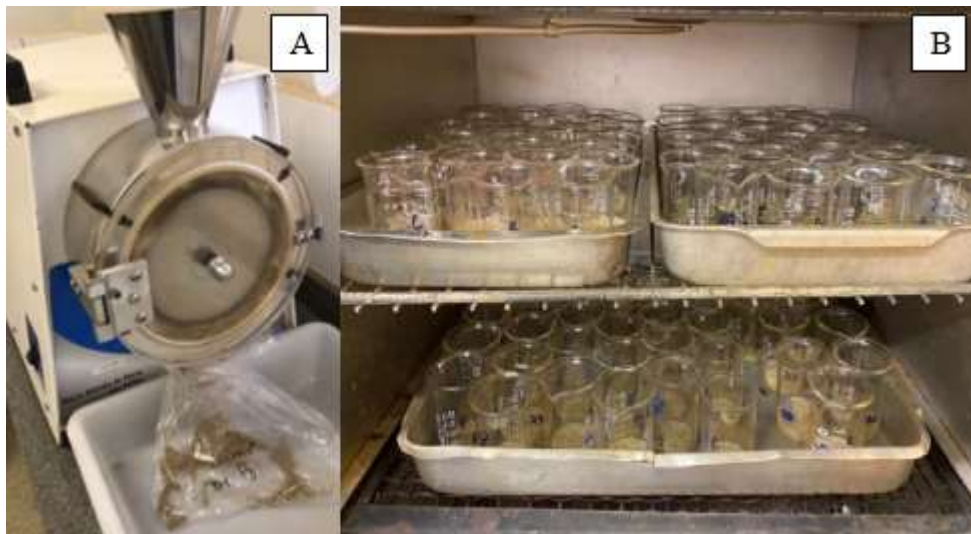


Figura 5. Moagem das amostras em moinho tipo Willy (A) e determinação do teor de matéria seca (B). **Fonte:** Pedro Santhyago, (2022).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e os tratamentos significativos realizados testes de médias de Tukey para cultivares e análise de regressão para doses, utilizando software Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliações morfométricas e de produção após 225 dias após aplicação do Biochar:

Conforme observado na tabela 4, na primeira avaliação (225 dias), houve efeito significativo ($p < 0,01$) para as variáveis: altura de plantas e número de perfilho para o fator cultivar. As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas para os fatores isolados (cultivar e dose), bem como, para a interação cultivar x dose.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de atributos morfométricos e produção de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar aos 225 após aplicação

| FV | GL | AP | NF | DC | NP | TMS | PMV | PMS | F/C |
|-----------------|----|-----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Dose | 3 | 260,00 ^{ns} | 1,43 ^{ns} | 16,50 ^{ns} | 09,70 ^{ns} | 0,0012 ^{ns} | 896,70 ^{ns} | 26,40 ^{ns} | 0,20 ^{ns} |
| Cultivar-cv | 1 | 47586,12 [*] | 5,28 ^{ns} | 7,86 ^{ns} | 4925,28 ^{**} | 0,0008 ^{ns} | 36,55 ^{ns} | 13,92 ^{ns} | 0,21 ^{ns} |
| Dose*CV | 3 | 165,79 ^{ns} | 4,15 ^{ns} | 44,48 ^{ns} | 157,28 ^{ns} | 0,00021 ^{ns} | 703,62 ^{ns} | 10,32 ^{ns} | 0,036 ^{ns} |
| Bloco | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Resíduo | 24 | 100,91 | 2,68 | 20,70 | 368,49 | 0,0006 | 833,96 | 15,79 | 0,26 |
| Total corrigido | 31 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CV | - | 7,92 | 16,64 | 28,44 | 31,23 | 20,17 | 43,84 | 47,97 | 35,26 |

Grau de liberdade (GL), dose (D), cultivar (CV), interação dose x cultivar (CV x D), Diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), teor de massa seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV), produtividade de massa seca (PMS), relação folha/colmo (F/C). Coeficiente de variação (CV%)

A seguir é apresentado na tabela 5 valores médios das variáveis morfométricas e produtivas significativas e não significativas estatisticamente referente à avaliação de 225 dias após a aplicação do biochar.

A cultivar BRS Capiáçu apresentou maior altura de plantas e BRS Kurumi maior número de perfilhos. Esses resultados estão relacionados às características inerentes às cultivares. A cultivar BRS Kurumi é de porte baixo sendo esperado menores valores de altura. Por outro lado, apresenta maior perfilhamento e maior relação folha colmo devido entrenós curtos (PEREIRA et al., 2017).

Tabela 5. Valores médios de variáveis morfométricas e produtivas de cultivares de capim elefante sob doses de Biochar aos 225 dias após a aplicação

| Cultivar | DC | AP | NF | NP | TMS | PMV | PMS | F/C |
|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| BRS Kurumi | 16,49 a | 88,31 b | 10,24 a | 73,88 a | 0,12 a | 64,81 a | 7,62 a | 1,51 a |
| BRS Capiaçú | 15,50 a | 165,44a | 9,43 a | 49,06 b | 0,13 a | 66,95 a | 8,94 a | 1,35 a |
| Dose Kurumi | | | | | | | | |
| 0 | 15,25 | 89,50 | 10,00 | 67,75 | 0,14 | 59,22 | 7,44 | 1,52 |
| 8 | 18,46 | 89,50 | 10,42 | 79,50 | 0,12 | 80,83 | 10,04 | 1,34 |
| 16 | 14,75 | 88,75 | 9,85 | 75,50 | 0,11 | 60,48 | 6,73 | 1,47 |
| 24 | 17,50 | 85,50 | 10,70 | 72,75 | 0,10 | 58,71 | 6,29 | 1,71 |
| Dose Capiaçú | | | | | | | | |
| 0 | 19,75 | 180,25 | 10,78 | 54,75 | 0,13 | 81,99 | 10,97 | 1,16 |
| 8 | 15,25 | 162,25 | 9,35 | 45,00 | 0,14 | 69,34 | 9,84 | 1,26 |
| 16 | 15,75 | 162,00 | 9,55 | 49,25 | 0,13 | 73,60 | 9,70 | 1,38 |
| 24 | 11,25 | 157,25 | 8,05 | 47,25 | 0,12 | 42,86 | 5,26 | 1,61 |

Diâmetro colmo (DC), altura de planta (AP), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), teor de massa seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV), produtividade de massa seca (PMS), relação folha/colmo (F/C)

Analisando o fator doses de biochar, as quais não promoveram diferenças estatísticas, a dose de 8 Mg ha⁻¹ promoveu em relação ao tratamento testemunha (dose zero) aumentos de 21,0; 17,3; 36,5 e 34,9 % para as variáveis DC, NP, PMV e PMS, respectivamente. Isso indica que essa dosagem está próxima da que promove melhor eficiência técnica devido possível benefício do biochar na fertilidade do solo. Doses maiores indicam efeito decrescente na resposta das plantas, possivelmente, por estar interagindo de forma negativa com outros atributos de solo, como por exemplo, imobilização de nutrientes devido a relação C/N do material. Segundo OLIVEIRA et al. (2019) a relação C/N de um material está diretamente relacionada com a sua decomposição e mineralização. Para a cultivar BRS Capiaçú não foi observada a tendência de aumento na dose de 8 Mg ha⁻¹, e sim, uma tendência de menores valores com o incremento nas doses de biochar, e de forma bem acentuada, na maior dose desse condicionador. Isso precisa ser melhor estudado tanto para a questão do tempo de incubação quanto o tipo de biochar. Os resultados indicaram que o período de 225 dias não foi suficiente para respostas significativas estatisticamente.

Avaliações morfométricas e de produção após 447 dias após a aplicação do Biochar:

Conforme observado na tabela 6, na segunda avaliação (447 dias), houve efeitos significativas para as variáveis: altura de plantas (AP), número de folhas (NF), teor de

matéria seca (TMS) e relação folha colmo (F/C) para o fator cultivar. Para as demais variáveis o fator dose, bem como, a interação cultivar x dose não foram significativos.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de atributos morfométricos e produção de cultivares de capim elefante sob diferentes doses de biochar após 447 dias da aplicação

| FV | G | AP | NF | DC | NP | TMS | PMV | PMS | F/C |
|-------------|----|------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | L | | | | | | | | |
| Dose | 3 | 457,36 ^{ns} | 2,51 ^{ns} | 0,36 ^{ns} | 39,61 ^{ns} | 0,0012 ^{ns} | 228,30 ^{ns} | 15,43 ^{ns} | 0,0044 ^{ns} |
| Cultivar-cv | 1 | 19850,28 ^{**} | 70,80 ^{**} | 0,28 ^{ns} | 399,03 ^{ns} | 0,022 ^{**} | 2,15 ^{ns} | 7,29 ^{ns} | 1,79 ^{**} |
| Dose*CV | 3 | 478,11 ^{ns} | 0,069 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 210,11 ^{ns} | 0,0008 ^{ns} | 27,30 ^{ns} | 3,00 ^{ns} | 0,019 ^{ns} |
| Bloco | 0 | 809,28 | 18,85 | 0,00 | 483,95 | 0,0037 | 563,88 | 41,60 | 0,376 |
| Resíduo | 24 | 269,21 | 4,83 | 1,63 | 103,30 | 0,0009 | 183,88 | 11,33 | 0,058 |
| Total | 31 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| corrigido | | | | | | | | | |
| CV% | - | 14,46 | 19,61 | 12,25 | 24,07 | 11,84 | 51,56 | 49,61 | 26,99 |

Grau de liberdade (GL), cultivar (CV), interação dose x cultivar (CV x D), diâmetro colmo (DC), altura de planta (AP), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), teor de massa seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV), produtividade de massa seca (PMS), relação folha/colmo (F/C). Coeficiente de variação (CV%)

A seguir são discutidas as variáveis da avaliação de 447 após aplicação de biochar (Tabela 7). A cultivar BRS Capiçu apresentou maior altura de plantas e maior teor de matéria seca. Conforme já discutido anteriormente, essa cultivar apresenta maior porte que a BRS Kurumi o que explica a diferença de altura, e consequentemente o TMS, já que apresenta maior quantidade de colmos (menor relação folha/colmo). De acordo com PEREIRA et al. (2016) a cultivar BRS Capiçu destaca-se pela alta produção de biomassa, apresenta porte alto, touceiras de formato ereto, folhas largas, compridas, colmos grossos, internódios compridos e de coloração amarelada. Apresenta elevada densidade de perfilhos basais.

Por outro lado, a cultivar BRS Kurumi apresentou maior número de folhas e maior relação folha colmo. Nessa avaliação, a produtividade das duas não diferiu estatisticamente, sendo mais comum a Capiçu apresentar maior produtividade devido seu porte, e a Kurumi, melhor qualidade bromatológica devido maior relação folha colmo. Mittelman et al. (2013), destacam a produtividade do capim Capiçu possuindo porte alto (até 4,20 m), e com bom valor nutritivo da forragem quando comparada com outras cultivares de capim-elefante. A BRS Capiçu ainda apresenta maior produtividade de matéria seca a um menor custo em relação ao milho e à cana-de-açúcar. A BRS Kurumi tem crescimento vegetativo vigoroso com rápida expansão foliar, intenso perfilhamento e porte baixo.

Tabela 7. Valores médios de variáveis morfológicas e produtivas de cultivares de capim elefante sob doses de Biochar aos 447 dias após aplicação

| Cultivar | DC | AP | NF | NP | TMS | PMV | PMS | F/C |
|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| BRS Kurumi | 10,33 a | 88,56 b | 12,70 a | 45,75 a | 0,23 b | 26,56 a | 6,31 a | 1,13 a |
| BRS Capiaçú | 10,52 a | 138,38a | 9,72 b | 38,69 a | 0,28 a | 26,04 a | 7,26 a | 0,66 b |
| Dose Kurumi | | | | | | | | |
| 0 | 10,52 | 91,00 | 12,48 | 55,00 | 0,23 | 26,09 | 6,11 | 1,12 |
| 8 | 10,04 | 100,00 | 13,62 | 41,50 | 0,24 | 26,58 | 9,09 | 1,07 |
| 16 | 10,24 | 85,00 | 12,12 | 40,50 | 0,22 | 21,73 | 4,77 | 1,10 |
| 24 | 10,51 | 78,25 | 12,58 | 46,00 | 0,23 | 21,84 | 5,27 | 1,23 |
| Dose Capiaçú | | | | | | | | |
| 0 | 10,69 | 154,50 | 9,55 | 32,75 | 0,27 | 23,62 | 6,49 | 0,63 |
| 8 | 10,94 | 127,75 | 10,38 | 38,50 | 0,27 | 31,84 | 8,58 | 0,69 |
| 16 | 9,99 | 141,00 | 9,25 | 40,75 | 0,28 | 24,60 | 6,74 | 0,68 |
| 24 | 10,44 | 130,25 | 9,72 | 42,75 | 0,31 | 24,11 | 7,23 | 0,63 |

Diâmetro colmo (DC), altura de planta (AP), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF), teor de massa seca (TMS), produtividade de massa verde (PMV), produtividade de massa seca (PMS), relação folha/colmo (F/C).

Segundo Paciullo et al. (2015), a BRS Kurumi se destaca pela maior densidade volumétrica de folhas, elevada digestibilidade, baixo teor de fibra e maior facilidade de manejo, devido ao baixo alongamento de colmos, sendo boa opção para intensificação da produção animal a pasto. Rosa et al. (2019) explicam que a BRS Capiaçú apresenta porte alto com touceiras eretas, com folhas largas e colmos grossos e seu perfilhamento basal é denso.

Assim como na avaliação aos 225 dias, o fator dose não foi estatisticamente significativo. Para a cultivar BRS Kurumi a dose de 8 Mg ha⁻¹, apresentou aumento de 9,9; 9,1; e 48,8% nas médias das variáveis AP, NF e PMS respectivamente, em relação à testemunha. Porém, de forma geral o aumento das doses de biochar tendeu em decrescer as médias das variáveis, podendo estar relacionado ao discutido para a avaliação aos 225 dias.

Para a cultivar BRS Capiaçú, houve também tendência de aumento na dose de 8 Mg ha⁻¹ em relação à testemunha para as variáveis NF (8,7%), PMV (34,8%) e PMS (32,2%). Destaca-se também a variável número de perfilhos com o aumento das doses de biochar.

5. CONCLUSÕES

As doses de biochar não influenciaram significativamente atributos morfológicos e produtivos das cultivares de capim elefante BRS Capiacu e BRS Kurumi.

O biochar apresenta efeitos menores que o esperado nas cultivares de capim elefante nas condições do estudo, devendo ser melhor estudado com maior tempo de reação com o solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**. part.1, cap.1, p.23-58. 2003.

ALBUQUERQUE, A.C.S; DA SILVA, A.G. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2008.

ALCÂNTARA, P.B. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. São Paulo, **Editora Nobel**, 2ª ed., 1983, 150p.

ALENCAR, C. A. B. DE et al. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 98–108, 2009.

ANTAL Jr, M.J. and Grönli, M., **The art, science, and technology of charcoal production**. Industrial and Engineering Chemistry Research 42(8): 1619p. 2003.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B.A. Análise frequência da precipitação pluviométrica. In: ASSAD, E. D. (Coord.). Chuva no Cerrado: análise e espacialização. 2. ed. **rev. ampl. Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2001.

ALVES, F.G.S. Características morfológicas, estruturais, produção e composição química de capim-elefante cv. Carajás adubado com ureia convencional e protegida. **Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**, Fortaleza, 2017.

ALMEIDA, A.N. Atributos químicos e físicos de latossolo decorrentes da aplicação de pó de metabasalto. (2018). 85 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo**. Passo Fundo, RS. 2018.

ANDERSON, W.; CASLER, M.; BALDWIN, B. Improvement of perennial forage species as feedstock for bioenergy. In: VERMERRIS, W. (Ed.). **Genetic improvement of bioenergy crops**. Gainesville: Springer, p. 308-345. 2008.

ALVES, P.F.S.; SAMPAIO, R.A.; KONDO, M.K.; FERREIRA, V.G.; PEGORARO, R. **Pó de rocha como condicionador de solo para o feijoeiro no norte de Minas Gerais**. Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e45101018331, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18331/16572>> Acessado em 09 de novembro de 2022.

ALVES, F.G.S. Características morfogênicas, estruturais, produção e composição química de capim-elefante cv. Carajás adubado com ureia convencional e protegida. **Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**, Fortaleza, 2017.

ASSIS G., STOCK, L.A.; CAMPOS, O.F. Sistemas de produção de leite no Brasil. Circulante 85, Juiz de Fora. **Embrapa Gado de Leite**. 2005.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J.. World agriculture towards 2030/2050: **The 2012 Revision**. Rome: FAO, 2012.

ATKINSON, C. J. et al. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and Soil, Amsterdam**, v. 337, p. 1-18, 2010.

BALDOCK, J.A., Smernik, R.J. **Chemical composition and bioavailability of thermally altered Pinus resinosa (red pine) wood**. Organic Geochemistry 33: 1109p. 2002.

BARCELLOS, A. O.; VILELA, L.; LUPINACCI, A. V. Desafios da pecuaria de corte a pasto na regio do cerrado. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2001.

BHERING, M.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUZA, A.L.; ZERVOUDAKIS, J.T. RODRIGUES, R.C.; PEREIRA, G.A.C.; REVERDITO, R.; OLIVEIRA, I.S. Características agronômicas do capim elefante roxo em diferentes idades de corte na depressão cuiabana. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.384-396, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Projeto TerraClass Cerrado: **mapeamento do uso e cobertura vegetal do Cerrado**. Brasília, DF, 2015. 67 p.

CEZAR, I.M., QUEIROZ, H.P., THIAGO, L.R.L.S., CASSALES, F.L.G.,E COSTA, F. P. Uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate, de Documentos Embrapa Gado de Corte. **Embrapa Gado de Corte, Campo Grande**, v. 151. 2005.

COSTA, K. DE P.; DE OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado.** 2006.

CLOUGH, T.J., CONDRON, L.M., KAMMANN, C., & MÜLLER, C. A review of biochar and soil nitrogen dynamics. **Agronomy**, v3: 293p, 2013.

CONZ, Rafaela Feola; ABBRUZZINI, Thalita Fernanda; PELLEGRINO, Carlos Eduardo. Caracterização de matérias-primas e biochars para uso na agricultura . **In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo.** 1-6 p. 2015.

DA ROSA, P. P.; DA SILVA, P. M.; CHESINI, R. G.; DE OLIVEIRA, A. P. T.; SEDREZ, P. A.; FARIA, M. R.; LOPES, A. A.; ROLL, V. F. B.; FERREIRA, O. G. L. Características do Capim Elefante Pennisetum purpureum (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiacu. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 70-84, 1 out. 2019.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **R. Bras. Zootec.**, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.

DA SILVA, F.A.M. et al. **Clima do bioma Cerrado. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** ACS, p. 93-148, 2008.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DERESZ, F. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: CARVALHO et al. (Eds.) Capim-elefante: Produção e utilização. **Coronel Pacheco:Embrapa-Gado de leite**, p.195-216, 1994.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens. **Brasil**, 2005.

DOERR, S.H., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D. **Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance.** Earth Science Reviews 51: 65p.2000.

DOWNIE, A., Crosky, A., Munroe, P. **Physical properties of biochar.** In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann, J. & Joseph, S.), Earthscan.2009.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Uso de Pastagens para a Produção de Bovinos de Corte no Brasil: Passado, Presente e Futuro. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém, Pa, v. 1, n. 0, p. 1-42, mar. 2016.

DORAN, J.W.; SAFLEY, M.; PANKHURST, C.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S. R. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. **Biological indicators of soil health**, p.1-28, 1997.

FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. de. Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, 368p. 1995.

FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais, R. F.; Alvarez V.,V.H.; Barros, N. F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS**, cap.16, p.929-954. 2007.

FONTOURA, C.F. BRANDÃO, L.E.; GOMES, L.L., NUSSIO, H.F, Elephant grass biorefineries: **towards a cleaner Brazilian energy matrix. Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 85-93, 2015.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. **The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics.** Naturwissenschaften, Berlin. v. 88, n. 1, p. 37-41, 2001.

GLASER, Bruno; LEHMANN, Johannes; ZECH, Wolfgang. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. **Biology and fertility of soils**, v. 35, n. 4, p. 219-230, 2002.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. **The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics.** Naturwissenschaften, Berlin. v. 88, n. 1, p. 37-41, 2001.

GUIMARÃES, L.A.; NARDI, G. de N.J.; OLIVEIRA, P.A. Análise e viabilidade econômica em um sistema de confinamento para a terminação de gado de corte anelorado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v.8, n.1, abril, 2017.

GOMIDE, C.A.M.; PACIULLO, D.S.C.; LÉDO, F.J.S.; PEREIRA, A.V.; MORENZ, M. J. F.; BRIGHENTI, A. M. Informações sobre a cultivar de capimelefante BRS Kurumi. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 4 p. (**Embrapa Gado de Leite. Comunicado técnico, 75**). 2015.

GONTIJO, M.M.N.; BORGHI, E.; RESENDE, A.V.; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura –pecuária na melhoria da qualidade dos solos do Cerrado. **Informações agrônômicas** N° 161. 2018.

GSST. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America. Madison: **SSSA, Inc.** (2008).

GLOSSARY OF SOIL SCIENCE TERMS. GSST. Madison, Wisconsin, USA. 2008.

Grose, P. Composted soil conditioner and mulch promote native plant establishment from seed in a constructed seasonal wetland complex. **Ecological Management & Restoration**, Vol 12 No 2 p. 151-154, 2011.

GULLO, M.J.M. Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 59p. 2007.

HANNA, W.W.; MONSON, W.G. Registration of dwarf Tift N75 napiergrass germplasm. *Crop Science*, v. 28, p. 870-871, 1988.

HARRIS, P.J.F., Tsang, S.C., **High resolution of electron microscopy studies of nongraphitizing carbons**. *Philosophical Magazine A* 76 (3): 667-677. 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html> Acesso em: 09 ago. 2022.

IBI - International Biochar Initiative. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. versão 2.1, novembro 2015.

KICHEL, A.N. et al. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, cap.1, p.1-9. 2012.

KISHIMOTO S, and Sugiura, G. **Charcoal as a soil conditioner**, in: Symposium on Forest Products Research, International Achievements for the Future 5: 23p. 1985.

KOOKANA, R.S.; SARMAH, A.K.; VAN ZWIETEN L. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. **Advances in Agronomy**, v.112, 143 p. 2011.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed.). **Biochar for environmental management: science and Technology**. London: Earthscan, p. 1-12. 2009.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. Amazonian dark earths: origin, properties, management. Amsterdam: **Kluwer Academic Publ.**, 523 p. 2003.

LEHMANN. **Biochar for Environment Management**. Earthscan Publishers Ltd (ISBN 978-1- 84407-658-1) March 2009, Chapter 11, p. 184. 2009.

LUZ, J.M.Q.; BRANDÃO, F.D.; MARTINS, S.T.; MELO, B. Produtividade de cultivares de alface em função de mudas produzidas em diferentes substratos comerciais. **Bioscience Journal, Uberlândia-MG**, v.20, n.1, p.61-65, jan./abr. 2004.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 42, n. 2005, p. 56–84, 2005.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. 2002.

MARCHI, E.C.S. Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo. 2006. 46 p. **Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

MAIA, C.M.B.F., **Finos de carvão: fonte de carbono estável e condicionador de solos**. Série Documentos, Embrapa Florestas, no prelo.
NOVOTNY, E.H., AZEVEDO, E.R., SOUZA, A.A., SONG, G., NOGUEIRA, C.M., MANGRICH, A.S. **Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the Utilisation of Charcoal for Soil Amendment**. Journal of the Brazilian Chemical Society, Volume 20, Number 6. 010- 1003 p. 2009.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Revista Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, 112-130 p. 2012.

MAIA, C.M.B.F. Finos de carvão: fontes de carvão estável e condicionador de solos [recurso eletrônico]. 1 CD-ROM. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1679-2599; 200). **Dados eletrônicos. - Colombo: Embrapa Florestas, 2010**

MAIA, C.M.B.F., SOHI, S.P., The effect of biochar on soil-carbon stabilization in a highly SOMdepleted soil. 3rd IBI Meeting, Rio de Janeiro, Proceedings, 2010.

MIRANDA, M. A. et al. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 484-490, 2011.

MITTELMANN, A. et al. CAPIM-Elefante: BRS Kurumi. **Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha** (INFOTECA-E), 2013.

NOVOTNY, E.H.; AZEVEDO, E.R.; SOUZA, A.A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C. M.; MANGRICH, A. S.; HAYES, M. H. B.; MADARI, B. E.; BONAGAMBA, T. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the utilisation of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 6, p. 1003–1010, 2009.

NUNES, Vanessa Leal. DESEMPENHO DE CULTIVARES E ÉPOCAS DE CORTE DE CAPIM ELEFANTE IRRIGADO EM CERES (GO). 2019. 66 f. **Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Irrigação do Cerrado, If Goiano, Ceres**, 2019.

OGAWA, M. **Symbiosis of people and nature in the tropics**. Farming Japan, 28: 10-34. 1994.

OLIVEIRA, Julyana Braga de et al. Efeito da aplicação de biochar sobre o carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com melão / Effect of the application of biochar on microbial biomass carbon in soil cultivated with melon. *Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research*, **BJAER - Brazilian Journal of Animal and Environmental**, v. 4, n. 1, p. 368-377, 2021.

OLIVEIRA, A.B. et al. COLEÇÃO 500 PERGUNTAS, 500 RESPOSTAS. Embrapa, Brasília, 274 p. 2019.

OXFORD. A dictionary of Ecology. **Oxford University**, Oxford. 2004.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos *et al.* **Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi**. 35. ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. 19 p.

PEREIRA, A.V. (Ed.). *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, p. 1-16. 1999.

PEREIRA, A.V; LEDO, F. J.S; MORENZ, M.J.F; LEITE, J.L.B; SANTOS, A.M.B; MARTINS, C.E; MACHADO, J.C. BRS Capiapu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2016.

PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S.; MACHADO, J.C; BARBOSA, S. BRS Kurumi and BRS Capiaçú - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 17, p. 59-62, 2017.

PEREIRA, A.V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C; BARBOSA, S. BRS Kurumi and BRS Capiaçú - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 17, p. 59-62, 2017.

PEREIRA, L. C. BRS CAPIAÇU E BRS KURUMI, Cultivo e uso. Brasília, DF : **Embrapa**, 120p. 2021.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2004.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 655–661, 2004.

PETTER, F.A. **Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agronômicos do seu uso em solos de cerrado**. Tese de Doutorado, UFGO, Ano de Obtenção. 2010.

PETTER, F.A., de Lima, L.B., Morales, M.M., MARIMON JÚNIOR, B.H., & de MORAIS, L.A. (2016). Biocarvão no solo: aspectos agronômicos e ambientais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL., 8.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE**, 5. Sinop. Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável das novas fronteiras agrícolas: anais 2016.

TRAZZI, P.A. BIOCARVÃO: **REALIDADE E POTENCIAL DE USO NO MEIO FLORESTAL**. 2018. Disponível em: <
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982018000200875>

VERHEIJEN, F.G.A., JONES, R.J.A., RICKSON, R.J. and SMITH, C.J., **Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe**. *Earth-Science Reviews* 94(1-4): 38p. 2009.

TCACENCO, F.A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M., ALVIN, M.J., XAVIER, D.F., et al. (Eds) Capim elefante: produção e utilização. 2ª ed.Revisada. Brasília:Embrapa-SPI e Juiz de Fora:Embrapa-Gado de Leite, 1- 30 p. 1997.

RAUNKIAER, C. The life forms of plants and statistical plant geography. **New York, Arno**. 1934.

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO, M. A. P. Junior; GALEANO, E. J. Manejo do capim BRS Capiaçú para aliar produtividade à qualidade. **Comunicado Técnico 263 Embrapa**. Dourados –MS, 2021.

RODRIGUES, L.R.A., MONTEIRO, F.A., RODRIGUES, T.J.D. Capim elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S., MOURA, J.V., FARIA, V.P. (Eds.) **Simpósio sobre manejo da pastagem**, 17, Piracicaba, 2001. 2ª edição. Piracicaba:FEALQ. 203-224p. 2001.

ROSA, P.P.; SILVA, P.M.; CHESINI, R.G.; OLIVEIRA, A.P.T.; SEDREZ, P. A.; FARIA, M. R.; LOPES, A. A.; ROLL, V. F. B.; FERREIRA, O. G. L. Características do Capim Elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiaçú. **PESQ. AGROP. GAÚCHA, Porto Alegre**, v.25, ns.1/2, p. 70-84, 2019.

RUPOLLO, Carlos Zandoná et al. PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CAPIM ELEFANTE ANÃO NO TERCEIRO ANO DE PRODUÇÃO. **Salão do Conhecimento**, 2013.

SANTOS, S. de L.; ARAÚJO, M.S.; CAMPOS, A.C.; SILVA, J.J.F.S.; COSTA, P. da S. Formação e manejo de capineiras como estratégia para convivência com a seca no semiárido. **I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 2016.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 153–156, 2008.

SAMPAIO, R.L.; RESENDE, F.D.; REIS, R.A.; OLIVEIRA, I.M.; CUSTÓDIO, L.; FERNANDES, R. M.; PAZDIORA, R. D.; SIQUEIRA, G. R. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health and Production, Edinburgh**, v. 49, n. 5, p. 1015-1024, 2017.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**. Dez., v.1, n. 1, 29-42 p. 2005.

SILBER, A.; LEVKOVITCH, I.; GRABER, R.E., pH-Dependent mineral release and surface properties of cornstraw biochar: Agronomic implications, **Environmental Sciences Technologies**, vol. 44, 2010, pp. 9318-9323.

SILVEIRA, M.L., ALLEONI, L.R.F., CHANG, A. (2008). Condicionadores químicos de solo e retenção e distribuição de cádmio, zinco e cobre em latossolos tratados com biossólido. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 32(3), 1087-1098.

SILVA, R.K.R. e. (2015). Propostas de aproveitamento de resíduos de ardósia da cidade de Pompéu, Minas Gerais. **Revista Intercâmbio**, 6, 86–95.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

SILVA, F.J. BRS CAPIAÇU E BRS KURUMI, Cultivo e uso. Brasília, DF: **Embrapa**, 120p. 2021.

SOHI, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., and Bol, R., **Biochar, climate change and soil: a review to guide future research**. CSIRO Land and Water Science Report. 2009.

SOUCHIE, F.F., JUNIOR, B.H.M., PETTER, F.A., MADARI, B.E., MARIMON, B.S., LENZA, E. (2011). Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris*. **Ciência Florestal**, 2(4), 811-821.

SOUSA, D. & LOBATO, E. 2004. Cerrado: correção do solo e adubação. **Embrapa Cerrados**, 416.

SOHI, S.P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. **A review of biochar and its use and function in soil**. *Advances in Agronomy*, v. 105, p. 47-82, 2010.

SOUSA, R. R. DO N. et al. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE GENOTIPOS DE GRAMINEAS NO CERRADO. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**, v. 28, 2018.

STEWART, C.E.; ZHENG, J.; BOTE, J.; COTRUFO, M.F. Co-generated fast pyrolysis biochar mitigates green-house gas emissions and increases carbon sequestration in temperate soils. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 5, n. 2, p. 153–164, 2013.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant(2.ed). Oregon:O & B Books,1994.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. New York, 1994, 476 p.

VAN ZWIETEN, L. et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. **Plant and Soil, Amsterdam**, v. 327, p. 235-246, 2010.

VILELA, F. J. Desenvolvimento de um condicionador de Solos com valor agregado a partir da biomassa de *Magonia pubescens*. **Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília**, 2017.

VILELA, F.J. Desenvolvimento de um condicionador de Solos com valor agregado a partir da biomassa de *Magonia pubescens*. **Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília**, 2017.

VICTORIA, D. de C.; BOLFE, E.L.; SANO, E.E.; ASSAD, E.D.; ANDRADE, R.G.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Cap. 8, pag. 229 – 258. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

VILELA, D.; FERREIRA, R.P.; FERNANDES, E.N.; JUNTOLLI, F.V. Pecuária de leite no Brasil: **cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 435 p. 2016.

WARNOCK, D.D.; LEHMANN, J.; KUYPER, T.W.; RILLING, M. Mycorrhizal responses to biochar in soil: concepts and mechanisms. **Plant and Soil**, v. 300, p. 9-20, 2007.

ZENTENO, M.D.C. Condicionadores minerais e orgânicos na imobilização de cádmio em solos. Tese de doutorado. **Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa. (2012).