



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINARIA
CURSO DE AGRONOMIA

IAGO PEREIRA DE JESUS LISBOA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO GIRASSOL ORNAMENTAL
SUNFLOWER SUNBRIGHT CULTIVADO COM PÓ DE ROCHA E BIOCHAR**

BRASÍLIA-DF

2023

IAGO PEREIRA DE JESUS LISBOA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO GIRASSOL ORNAMENTAL
SUNFLOWER SUNBRIGHT CULTIVADO COM PÓ DE ROCHA E BIOCHAR**

Monografia submetida ao Curso de Agronomia da
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade de Brasília, como parte das exigências
para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Delvio Sandri.

BRASÍLIA-DF

2023

DEDICATORIA

Aos meus pais, Mauro Batista Lisboa e Ésia Pereira de Jesus por toda dedicação, amor e apoio aos meus estudos. À minha avó, Cleuza Pereira de Jesus, cuja sabedoria, carinho e incentivo sempre iluminaram meu caminho. À minha namorada, Amanda Sophia, pelo suporte e inspiração. Aos meus amigos, pelo incentivo constante. Este trabalho é dedicado a todos que permaneceram ao meu lado nesta jornada.

FICHA CATALOGRÁFICA

LISBOA, IAGO PEREIRA DE JESUS

“CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO GIRASSOL ORNAMENTAL
SUNFLOWER SUNBRIGHT CULTIVADO COM PÓ DE ROCHA E BIOCHAR”.

Orientação: Delvio Sandri, Brasília 2023, 45p.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária, 2023.

1. *Capsicum* spp. 2. Água residuária 3. Efluente 4. Análise econômica 5. Reúso

I. Sandri, D.de. II. Drº.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LISBOA, I.P.J. Caracterização morfológica do girassol ornamental Sunflower Sunbright
cultivado com pó de rocha e biochar; Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária;
Universidade de Brasília, 2023. 26p.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: IAGO PEREIRA DE JESUS LISBOA

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Caracterização morfológica do girassol
ornamental Sunflower Sunbright cultivado com pó de rocha e biochar.

Grau: 3º, **Ano:** 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de
graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e
científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia
de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

IAGO PEREIRA DE JESUS LISBOA

Caracterização morfológica do girassol ornamental Sunflower Sunbright cultivado com pó de rocha e biochar

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 24 de julho de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Delvio Sandri
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília
Orientador

Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília
Examinador

Profa. Dra. Jordana Moura Caetano
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, fonte de sabedoria e guia em minha trajetória acadêmica.

À minha amada família, que sempre esteve ao meu lado, proporcionando amor incondicional, apoio inestimável e incentivo constante. Vocês são meu porto seguro.

À Universidade de Brasília (UnB), pela oportunidade de aprendizado e formação de qualidade. Serei eternamente grato pela estrutura acadêmica e pelos recursos disponibilizados.

Ao apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), edital n° 09/2022, processo SEI N.: 0193.001729/2022-61.

Ao professor Delvio Sandri, meu orientador neste trabalho, pela sua expertise, dedicação e paciência. Seu conhecimento e orientação foram fundamentais para o sucesso desta pesquisa.

Aos meus colegas e amigos, em especial a Gilvan, Ítalo Freire, Antônio e Creone, pelos momentos compartilhados, pela troca de ideias e pelo apoio mútuo ao longo dessa jornada acadêmica.

E claro, não poderia de deixar de agradecer a meu colega de pesquisa, Jesus Manuel Perez, pela ajuda desde a instalação do experimento até análise dos dados. Saiu desse trabalho como mais que um colega, um verdadeiro amigo. Muito obrigado pela ajuda, e muito sucesso em sua vida.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Origem do girassol	3
2.2. Descrição do cultivar (sunflower sunbright)	3
2.3. Biochar	5
2.4. Pó de Rocha	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. Caracterização da área de estudo e dados climáticos	9
3.2 Origem, preparo e atributos químicos do solo	9
3.3 Origem do biochar	10
.....	11
3.4 Origem do pó de rocha.....	11
3.5 Semeadura	12
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	12
3.7 Sistema e manejo de irrigação.....	14
3.8 Avaliação de aspectos morfológicos.....	17
3.9 Análise estatística.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. REFERÊNCIAS	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Imagem ilustrativa do Girassol cv Sunflower Sunbright.	3
FIGURA 2. Imagem de satélite da localização do experimento. Fonte: Google maps (2023). .	9
FIGURA 3. Biochar utilizado no experimento.	11
FIGURA 4.. Pó de rocha utilizado no experimento.	12
FIGURA 5. Croqui da área experimental contendo a distribuição dos tratamentos com as combinações de pó de rocha e biochar.	14
FIGURA 6. Tensiômetro instalado no tratamento B8P7, para acompanhamento do potencial matricial.	15
FIGURA 7. Curva de retenção de água com valores de unidade volumétrica em função do potencial matricial do Latossolo Vermelho Amarelo, segundo o modelo de van Genuchten. .	16
FIGURA 8. Potencial matricial para os tratamentos com diferentes doses de biochar, em v/v, durante o ciclo do girassol ornamental Sunflower Sunbright.	16
FIGURA 9. Altura da planta aos 10 DAS (A), 20 DAS (B), 40 DAS (C) e 60 DAS (D).	18
FIGURA 10. Radiação solar global, temperatura do ar máximas, mínimas e médias do ar e umidade relativa do ar máximas, mínimas e médias durante o ciclo do girassol.	21
FIGURA 11. Valores médios da Altura da planta (AP); Número de Folhas (NF); Diâmetro de Coleto (DC); Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC); Fitomassa Seca do Capítulo (FSC); e Área Foliar (AF) entre as dosagens de biochar de lodo de esgoto (BLE) ao fim do ciclo. Médias com as mesmas letras minúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.	23
FIGURA 12. Valores médios do Número de Folhas (NF), Diâmetro de Coleto (DC), Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC, Fitomassa Seca do Capítulo (FSC) e Área Foliar (IAF) entre as dosagens de pó de rocha (PR).	24
FIGURA 13. Altura da planta (AP) e diâmetro de coleto (DC) em função de doses de biochar em v/v: testemunha (B0), 2% de BLE (B2), 4% de BLE (B4), 6% de BLE (B6) e 8% de BLE (B8) e modelo de ajuste em função dos DAS primeiro ciclo do girassol ornamental Sunflower Sunbrigh.....	26
FIGURA 14. Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC) em que letras minúsculas compara as diferentes dosagens de BLE dentro de cada dosagem de PR e maiúscula compara as diferentes dosagens de PR dentro de cada dosagens de BLE.	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Informações técnicas do girassol ornamental. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.	4
TABELA 2. Padrão para comprimento e espessura das hastes do Girassol. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.	4
TABELA 3. Diâmetro do botão para Girassol. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.	5
TABELA 4. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol. Defeitos graves e defeitos Leves.	5
TABELA 5. Concentração máxima permitida de substâncias inorgânicas em lodo de esgoto ou produtos derivados.	6
TABELA 6. Atributos químicos do solo utilizado na área experimental, posterior ao processo de calagem e anterior a semeadura, na profundidade de 5-20 cm.	10
TABELA 7. Propriedades físico-químicas do biochar de lodo de esgoto produzido a 300 °C.	11
TABELA 8. Resumo das análises de variância a 5% de significância e o Coeficiente de Variação (CV) do Biochar de Lodo de Esgoto (BLE), Pó de Rocha (PR) e a interação entre BLE X PR para Altura da planta (AP), NF (Número de Folhas), Diâmetro de Coleto (DC), Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC), Fitomassa Seca do Capítulo (FSC) e Área Foliar (AF).	22

RESUMO

À medida que a produção agrícola global necessita ser ampliada, a pressão sobre a indústria de fertilizantes aumenta, e a pesquisa de fontes alternativas aos tradicionais fertilizantes NPK é cada vez mais importante, dentre estas fontes está o biochar e o pó de rocha (remineralizador). O objetivo deste trabalho foi avaliar as principais características morfológicas da cultivar de girassol ornamental Sunflower Sunbright cultivada em diferentes dosagens de biochar de lodo de esgoto (BLE) e pó de rocha (PR) de origem micaxisto. O cultivo foi realizado em vasos em um viveiro coberto com sombrite e filme plástico, no período de 29/07 a 06/10/2022. O delineamento foi o inteiramente casualizado com doses de pó de rocha equivalentes a 0 (P0), 1 (P1), 3 (P3), 5 (P5) e 7 t ha⁻¹ (P7) e as doses de BLE equivalentes a 0 (B0), 32,3 (B2), 64 (B4), 96,9 (B6) e 129,2 t ha⁻¹(B8), correspondendo a 0, 2, 4, 6 e 8% (v/v), com 6 repetições. Foram analisados a altura da planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do coleto (DC), fitomassa fresca do capítulo (FFC), fitomassa seca do capítulo (FSC) e área foliar (AF). Com exceção da AP, o pó de rocha não interferiu nos demais atributos avaliados. O biochar apresentou efeito positivo sobre a biometria da planta, e as doses de 6 e 8% v/v, de BLE promoveram maiores valores de AP, NF, DC, FFC, FSC e AF. Portanto, o BLE é uma alternativa que pode substituir fertilizantes convencionais na produção de girassol ornamental. Porém, devem ser realizados estudos com mais ciclos do girassol com pó de rocha para determinar a sua viabilidade de utilização na cultura a longo prazo.

Palavras-chaves: Rochagem, biocarvão, Sunflower Sunbright.

ABSTRACT

As global agricultural production increases, pressure on the fertilizer industry increases, and research on alternative sources to replace traditional NPK fertilizers is increasingly important with biochar and rock dust (remineralizer). The objective of this work was to evaluate the main morphological characteristics of the ornamental Sunflower sunbright cultivated in different doses of sewage sludge biochar (BLE) and rock dust (PR) of micaschist origin. Cultivation was carried out in pots in a covered nursery with shade and plastic film, during the experiment period from 07/29/2022 to 10/06/2022. The experimental design was completely randomized with rock dust doses equivalent to 0 (P0), 1 (P1), 3 (P3), 5 (P5) and 7 t ha⁻¹ (P7) and sewage sludge biochar dosages equivalent to 0 (B0), 32.3 or 2 (B2), 64.6 or 4 (B4), 96.9 (B6) and 129.2 t ha⁻¹ or 8% v/v (B8), with 6 replications. Plant height (AP), number of leaves (NF), stem diameter (DC), fresh shoot phytomass (FFC), dry shoot phytomass (FSC) and leaf area (AF) were analyzed. With the exception of AP, rock dust did not interfere with the other evaluated attributes. The BLE dosages of 6 and 8% v/v showed higher values in all evaluated variables (AP, NF, DC, FFC, FSC and AF). Therefore, BLE is an alternative to replace conventional fertilizers in ornamental sunflower production. And studies should be carried out with more cycles of sunflower with rock powder to determine its feasibility of use in the crop.

Keywords: rock, biochar, Sunflower Sunbright.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente não é uma grande potência no mercado de plantas ornamentais, sendo responsável, em 2018, por apenas 1% da exportação mundial de flores, de acordo com o Instituto Brasileiro de Floricultura (Ibraflor), Cees Schoenmaker (2020). Segundo dados da Agrolink (2020), a área destinada no Brasil para o cultivo de plantas ornamentais é de 15.600 ha, com mais de duas mil e quinhentas espécies, com cerca de dezessete mil e quinhentas variedades, e respondendo por duzentos e nove mil empregos diretos, dos quais oitenta e um mil são relativos à produção, nove mil à distribuição, cento e doze mil ao varejo e sete mil em outras funções.

A pandemia da Covid-19 impactou o setor de flores e plantas ornamentais, o fenômeno foi suficiente para sustentar um crescimento médio anual de vendas da ordem de sete a oito por cento no Brasil, em 2020 (Junqueira, 2023). Ainda de acordo com o autor, há expectativa de que a pandemia “deixará legados e contribuições culturais relevantes à relação dos consumidores com as áreas verdes, plantas ornamentais e flores em geral”.

Considerando esse crescente no mercado de plantas ornamentais, uma alternativa potencial para o setor é o girassol ornamental, por apresentar grande aceitação por parte do consumidor por possuir inflorescências exuberantes e ciclo curto, que possibilita o cultivo durante o ano todo, e a facilidade de manejo também são vistos como pontos positivos na escolha do girassol como planta ornamental (Curti et al., 2012). Ainda mais importantes para os polos florícolas do país, como: Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio de Janeiro (Junqueira, 2008).

Com a crescente demanda interna por essas plantas decorativas, é natural que a oferta também cresça proporcionalmente, e com esse evento cresça-se também a quantidade de insumos necessários para sua produção, entre esses, os fertilizantes. Segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o Brasil importou no ano de 2021 um total de 39,2 milhões de toneladas de fertilizantes e sua dependência externa chega a 85% do volume aplicado nas lavouras.

Por conta dessa dependência externa, é cada vez mais importante a busca por fontes alternativas de fertilizantes, tais como: remineralizador (pó de rocha), biofertilizantes, vermicompostos, restos de culturas, uso de cinzas, etc.

A utilização de pó de rocha, rochagem, é capaz de promover a remineralização do solo, devido ao seu amplo conteúdo mineral e composição química potencialmente apropriada para o enriquecimento de solo de baixa fertilidade ou para a recuperação de solo empobrecido por

processo de lixiviação (Alovisi et al., 2020).

A prática de rochagem, além de colaborar para a reabilitação e a preservação das propriedades dos solos, diminui a aplicação de insumos químicos, principalmente aqueles agregados em fórmulas com alta solubilidade. No geral, a aplicação de pó de rocha como alternativa aos fertilizantes convencionais apresenta-se como uma técnica efetiva e benéfica ecológica e economicamente (Correia, 2023).

Outro produto que está sendo avaliado, o biochar, pode ser usado como substituição aos fertilizantes químicos, ou então ser usado como condicionador de solos, especialmente em solos intemperizados e de baixa fertilidade natural, Petter (2012). Além disso, o biochar possui propriedades multifuncionais que incluem a sua utilização para os seguintes fins: agente imobilizador para remediação de metais tóxicos e contaminantes orgânicos no solo e na água, correção do solo para melhorar a saúde do solo, nutriente e carreador microbiano, material poroso para mitigar as emissões de gases de efeito estufa e compostos odoríferos, catalisador para aplicações industriais e suplemento alimentar para melhorar a saúde animal e a eficiência da ingestão de nutrientes (Nanthi Bolan et al., 2022).

O lodo de esgoto é um resíduo que possui elevados teores de nitrogênio, fósforo e concentrações relevantes de micronutrientes, oligoelementos, microrganismos e micropoluentes, Singh (2008). Geralmente esse resíduo é encaminhado para aterros sanitários. No entanto, os desafios ecológicos decorrentes desse procedimento e o elevado investimento que acarreta para as instalações de tratamento geram uma crescente urgência de implementação de novas opções de descarte final que sejam mais eficientes, acessíveis e menos prejudiciais ao meio ambiente (Velghe et al., 2012). O que demonstra a importância ambiental do processo de transformação do lodo de esgoto em biocarvão através do processo de pirólise.

Porém, os custos da tecnologia do biocarvão, assim como de novas tecnologias, ainda precisam ser melhor estudadas, e é importante que os estudos englobem também os potenciais ganhos ou perdas na sustentabilidade dos sistemas, para, assim, se obter valores mais fundamentados para a adoção desta tecnologia. Riscos ambientais como a concentração de alguns potenciais contaminantes no biochar, ao aplicá-lo no solo, precisam ser levados em consideração, assim como a segurança do processo para os trabalhadores, para que a tecnologia seja na prática sustentável (Marcelino et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de biochar de lodo de esgoto e pó de rocha no cultivo do girassol ornamental quanto aos efeitos nos atributos morfológicos do girassol Sunflower sunbright.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) foi primeiramente identificada como tendo o Peru como seu centro de origem, contudo, estudos arqueológicos descobriram que os índios norte-americanos já utilizavam o girassol, com pelo menos uma referência indicando o cultivo nos estados de Arizona e Novo México, a aproximadamente 3000 anos a. C. (Selmeczi-Kovacs, 1975).

Pesquisas apontam que a domesticação do girassol ocorreu principalmente na região do México e sudoeste dos Estados Unidos, porém a planta era disseminada por todo o continente americano graças aos ameríndios, que selecionavam exemplares com apenas uma haste. Os utilizando para alimentação, além de fins medicinais e ornamentais (Gazzola et al., 2012).

2.2. Descrição do cultivar (sSunflower Sunbright)

O cultivar Sunflower Sunbright (Figura 1) não tem produção de pólen, resultando numa maior durabilidade no uso ornamental. É sensível ao fotoperíodo, possui ciclo tardio e é indicado para cultivo o ano todo em regiões de clima quente (Centro – Oeste, Norte e Nordeste), e de setembro a fevereiro na região Sul e de agosto a março na região Sudeste. Atinge de 150 a 200 cm de altura, ciclo de 65 a 80 dias, com encurtamento de 10 a 50 dias em comparação a cultivares utilizados para produção de grãos (Tabela 1) e possui 20 semente por grama.



FIGURA 1. Imagem ilustrativa do Girassol cv Sunflower Sunbright. Fonte:

<https://www.sakata.com.br/flores/corte/sunflower/sunbright-supreme>

O girassol é uma planta de ciclo anual, que tem sido cultivada em todo o mundo, entre os motivos para tal está a sua fácil adaptação aos ambientes mais diversos. Produz grãos e

forragem e hoje ocupa a quarta colocação entre as oleaginosas mais consumidas do mundo (Lira et al., 2011). Na Tabela 1 são apresentadas algumas informações pertinentes das plantas girassol ornamental.

TABELA 1. Informações técnicas do girassol ornamental. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.

Nome	Espécie	Ciclo (dias)	Temperatura ótima (°)	pH	Fotoperíodo	Época de sementeira	Propagação	Início de floração (dias)
Girassol	<i>Helianthus annuus</i> L.)	90-115	20-35	6,5	14 h de luz	Setembro-maio	Semente	60-90

O Padrão (Tabela 2) é determinado pela uniformidade do lote, sendo que o lote de girassol classificado deverá apresentar 95% de uniformidade quanto ao comprimento, espessura da haste e diâmetro do botão.

Comprimento e espessura da haste

O comprimento da haste é determinado pelo tamanho desde a sua base até a ponta da haste principal. A seleção do lote por espessura serve para dar uniformidade ao lote. De acordo com o comprimento da haste, o girassol comercial é classificado a partir das seguintes espessuras, usando-se como ponto de medição à altura média da haste (Tabela 2).

TABELA 2. Padrão para comprimento e espessura das hastes do Girassol. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.

Padrão	Comprimento da haste (cm)	Padrão	Espessura da haste
50	50	50, 60, 70	Mín. 0,8 cm
60	60	80, 90	Mín. 1,1 cm
70	70		
80	80		
90	90		

Diâmetro do botão floral e classificação do girassol

De acordo com o comprimento da haste, o girassol classificado deverá apresentar os seguintes diâmetros do botão, considerando flores fechadas (com rede) e abertas (sem rede) (Tabela 3).

TABELA 3. Diâmetro do botão para Girassol. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol.

Padrão	Diâmetro do botão	
	Flor fechada (com rede)	Flor aberta (sem rede)
50, 60, 70	Mínimo 4,5 cm	Mínimo 6,0 cm
80, 90	Mínimo 5,5 cm	Mínimo 7,5 cm

A categoria de classificação (A1 ou A2) caracteriza a qualidade do lote de girassol deverá ser estabelecida conforme limites de tolerâncias para defeitos graves e leves. Os defeitos graves são aqueles que podem continuar a evoluir durante o processo de comercialização, sendo que cada tipo de defeito é definido por classe A1 ou A2 (Tabela 4).

TABELA 4. Adaptação da Cooperativa Veiling Holambra para Girassol. Defeitos graves e defeitos Leves.

Tipo de defeito	Classificação	
Defeitos graves	A1	A2
Danos de doenças	0	0
Danos de pragas	1	2
Defeitos leves	A1	A2
Queima por fitotoxidez	1	2
Rachadura da haste	0	2

2.3. Biochar

No Brasil, o aproveitamento do resíduo proveniente do tratamento de esgoto na agricultura é regulado pela resolução CONAMA 498 de 2020, onde existem critérios a serem atendidos em relação ao seu emprego. De forma simplificada, esses critérios estabelecem os níveis máximos de concentração de substâncias inorgânicas (Tabela 5) e a presença de agentes patogênicos. Frente a essas exigências, a reutilização do lodo de esgoto (LE) é restringida e, por conseguinte, uma grande quantidade deste material se acumula nas áreas de secagem das Estações de Tratamento de Esgoto (Sousa, 1015). Configurando-se uma questão ambiental que requer soluções, e, uma das possíveis é a transformação do LE através do processo de pirólise (queima controlada do material sem a presença de oxigênio) em biocarvão.

TABELA 5. Concentração máxima permitida de substâncias inorgânicas em lodo de esgoto ou produtos derivados.

Substâncias inorgânicas	Concentração máxima permitida (mg kg ⁻¹ , base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	36
Zinco	2800

Fonte: Resolução CONAMA 498 de 2020.

Por ser um produto que promove a melhoria das propriedades químicas, físicas e atividade biológica, seu uso é aconselhável para auxiliar na recuperação de solos degradados ou que apresentam desequilíbrio nutricional (MAPA, 2004). Além disso, o biochar possui característica alcalinizante, podendo elevar a CTC (Capacidade de Troca de Cátions) do solo, assim promovendo um ambiente favorável a atividade biológica e desenvolvimento radicular (Achete et al., 2013), características ideais para sua utilização em solos altamente intemperizados, como são os Latossolos da região central do Brasil.

Além da sua capacidade de ser lentamente degradado, por conta da presença de cadeias aromáticas condensadas, contribuindo assim para a mitigação das mudanças climáticas, por intermédio do sequestro de carbono no solo (Novotny et al., 2015).

Os principais processos de pirólise segundo (Novotny et al. 2015) são:

- I. Pirólise lenta, a mais comum na produção de biochar, com temperatura de produção de 300 a 600 °C, tempo de produção variando de horas a dias, com uma produção de 20 a 40% de biocarvão. Essas características do processo fazem com que se obtenha um biochar de alta funcionalização, uma vez que a drenagem e a degradação insuficiente mantêm parte da estrutura de hidratos de carbono e fenóis, além de alto teor de grupos carboxila e hidroxila.

- II. Pirólise rápida, é produzida a temperatura de 500 °C, tem sua importância principalmente para produção de bio-óleo. Com rendimento de 10 a 15% de sólidos.
- III. Pirólise flash, ocorre com altas taxas de aquecimento, temperaturas de 400 a 950 °C, por apenas alguns segundos. Sua principal utilidade assim com a pirólise rápida é para a produção de bio-óleo.

A produção de biochar de LE pode ser realizada através do processo de pirólise em uma faixa de temperatura que varia entre 300 °C e 800 °C, Lehmann & Stephen (2009). Pesquisas com distintas temperaturas de queima com LE comprovaram que a temperatura que proporcionou melhor rendimento foi de 300 °C durante 30 minutos, indicando que as reações de queima para essa matéria-prima se concluem em 30 minutos, sem exigência de longos períodos de permanência (Hossain et al., 2011; Agrafioti et al., 2013; Yuan et al., 2013; Masek et al., 2013).

O biocarvão de lodo de esgoto pode ser utilizado como uma alternativa sustentável para aliviar a toxicidade por metais e acidez do solo, Almeida (2020). Portanto, a correção proporcionada pelo biochar é uma nova abordagem para desintoxicação de alumínio principalmente em solos ácidos, Qian et al., (2013) e contornar solos contaminados por metais pesados (Penido et al., 2019); Li et al., 2017).

De acordo com Figueiredo et al. (2015), o biochar apresentou maiores teores de macro e micronutrientes, pH, área superficial e volume de poros em relação ao lodo de esgoto, matéria prima utilizada para sua produção. Os autores observaram ainda que a elevação da temperatura de pirólise reduziu a relação H/C e aumentou a relação C/N, logo notou-se que biochars produzidos em baixas temperaturas (300 °C) apresentaram maiores teores de N total quando comparados com biochars produzidos em temperaturas mais elevadas (500 °C).

Como observado por Farias (2018) em seu trabalho com milho, a aplicação de biochar de lodo de esgoto ao solo promove um aumento nos parâmetros de fertilidade do solo, principalmente nos teores de P e Mg, na CTC e na saturação por bases do solo, porém não apresenta efeitos significativos para o teor de K do solo. Melhorias essas que levaram a maior absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em um melhor desenvolvimento e produtividade da cultura em questão. A aplicação de biochar de LE foi capaz de substituir a adubação convencional de milho com adubo mineral solúvel (NPK), mantendo a mesma quantidade de grãos.

2.4. Pó de Rocha

A prática de rochagem é uma ótima opção para diminuir a utilização de fertilizantes minerais solúveis. Essa prática permite a inclusão de nutrientes em solos pouco férteis e a remineralização do solo, resultando em solo mais rico e de maior qualidade. Além disso, é uma alternativa ecologicamente viável, o que aumenta ainda mais as suas vantagens (Brito et al., 2019).

A técnica de remineralização é basicamente a utilização de pós de rocha para enriquecer o solo. É considerada como uma ótima opção para substituir os fertilizantes solúveis. Para realizar a aplicação de maneira adequada, a rocha a ser moída deve ter os nutrientes necessários para as plantas em questão, como potássio, cálcio e magnésio (Edward, 2016).

O potássio é um elemento muito discutido entre os minerais aplicados por meio da rochagem. Ele desempenha diversas funções metabólicas, ativando e regulando enzimas, além de regularizar processos osmóticos e possuir outras utilidades, como translocação de açúcares e ácidos orgânicos para outros órgãos da planta. No Brasil, é o segundo fertilizante mais utilizado como nutriente, sendo o cloreto de potássio a sua principal fonte, Gama et al., (2020).

A adubação de solos utilizando a técnica de incorporação de pó de rocha proporciona às plantas maior resistência aos estresses bióticos e abióticos, uma vez que o pó de rocha estimula o crescimento das raízes, tornando-as mais robustas. Os nutrientes são liberados gradualmente, evitando a perda por lixiviação, que é comum em fertilizantes solúveis. Além disso, a redução das perdas nutricionais resulta em efeitos benéficos a longo prazo na fertilidade dos solos (Brito et al., 2019).

No entanto, a fim de aumentar a eficácia da técnica de rochagem, é benéfico utilizar uma combinação de microrganismos inoculados ou presentes naturalmente para otimizar ainda mais a técnica. Numerosos estudos estão em andamento para acelerar a decomposição dos resíduos de rochas, e a compostagem é uma técnica relevante nesse processo, além dos vermicompostos e outras formas de produção de biofertilizantes. É relevante ressaltar que a elevação da temperatura tem sido associada a um incremento na dissolução dos minerais, pois também amplifica a ação da microbiota (Carvalho, 2013).

Atualmente no Brasil o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é responsável pela normatização de remineralizadores, pó de rocha, nas etapas de produção registro e comércio. As Instruções Normativas que discorrem sobre os critérios técnicos a serem seguidos são as IN 5 e 6 de 2016 do MAPA, segundo dados do site do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mendes, 2022).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo e dados climáticos

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa (FAL) pertencente a Universidade de Brasília (UnB). O local do experimento está localizado nas coordenadas 15°57'16" S, 47°55'89" W e altitude de 1.103 m em relação ao nível do mar (Figura 2) (Alvares, 2014). O clima local é predominantemente tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18 °C (Silva, Assad e Evangelista, 2008).

O período do experimento foi de 29/07 a 06/10/2022, em viveiro com altura do pé direito de 2,5 m, dimensões de 13 x 13 m, sem fechamento lateral, cobertura em sombrite com retenção de 50% da luminosidade solar, e, sob este instalou-se um filme plástico de 100 micras.



FIGURA 2. Imagem de satélite da localização do experimento. Fonte: Google maps (2023).

3.2 Origem, preparo e atributos químicos do solo

O solo utilizado foi coletado na Fazenda Água Limpa/UnB, da camada de 5-20 cm de profundidade, e foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018) como Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) distrófico típico. Foi feita correção da acidez do solo com calcário calcítico, PRNT de 100%, 60 dias antes do transplante, para elevar a saturação de bases a 70% (Tabela 6).

O solo foi peneirado em peneira de 2,0 mm de malha e coletado subamostras em 10 diferentes pontos para formar uma amostra composta para análise de fertilidade do solo, representativa no início do experimento e utilizada para correção com calagem. Ao término do ciclo de cultivo do girassol ornamental, o solo foi removido dos vasos para separação das raízes e após foi homogeneizado para coleta de três amostras de solo para cada tratamento, totalizando

75 amostras por experimento.

Os atributos do solo avaliados incluem pH, matéria orgânica, fósforo extraível, potássio extraível, sódio, cálcio extraível, magnésio extraível, alumínio extraível, capacidade efetiva de troca catiônica, saturação de base e concentração de base Total, Cobre Extraível, Ferro Extraível, Manganês Extraível, Zinco Extraível, Enxofre, Silício, seguindo metodologia da Embrapa (Teixeira et al., 2017).

TABELA 6. Atributos químicos do solo utilizado na área experimental, posterior ao processo de calagem e anterior a semeadura, na profundidade de 5-20 cm.

Propriedades	Unidades	Solo
pH (CaCl ₂)	un	5,50
Ca	cmol _c dm ⁻³	4,80
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,20
Ca+Mg	cmol _c dm ⁻³	6,00
Al	cmol _c dm ⁻³	0,00
H ⁺ Al	cmol _c dm ⁻³	2,10
CTC	cmol _c dm ⁻³	8,21
P (Mehlich I)	mg dm ⁻³	3,0
K	cmol _c dm ⁻³	0,107
K	mg dm ³	42,00
Mat. Org.	%	2,70
Mat. Org.	g kg ⁻¹	27,00
Sat. Al. (m%)	%	0,00
Sat. Base (V%)	%	74,00
Ca/Mg	-	4,00
Ca-CTC	%	58,50
Mg/CTC	%	14,60
(H ⁺ Al)/CTC	%	25,60
K/CTC	%	1,30

3.3 Origem do biochar

A matéria prima utilizada para a produção do biochar foi o lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto da CAESB, sendo submetido à temperatura de pirólise de 300 °C. O tempo de residência na pirólise foi de 3 horas, cujo rendimento foi de 77,4%, na taxa de aquecimento de 2,5 °C por minuto. O produto final do biochar (Figura 3) foi selecionado e classificado, padronizando o tamanho médio dos grânulos menores que 4 mm. A composição do biochar de LE foi analisada quanto as propriedades descritas na Tabela 7.

TABELA 7. Propriedades físico-químicas do biochar de lodo de esgoto produzido a 300 °C.

Propriedade	Cádmio	Níquel	Chumbo	K ₂ O	pH	MO	Umidade	Relação C/N	P ₂ O ₅
Unidades	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%	-	%	-	-	%
Biochar	4	43	28	0,3	6,5	47,2	9,2	2,2	5,5
Propriedades	N	Cálcio	Magnésio	Enxofre	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Carb. Org.
Unidades	%	%	%	%	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%
Biochar	3,4	0,7	0,18	0,86	115	24.900	134	400	7,5



FIGURA 3. Biochar utilizado no experimento.

3.4 Origem do pó de rocha

O pó de rocha utilizado no experimento (Figura 4) foi o micaxisto, fornecido pela empresa Remax Remineralizadores, e foi escolhido devido à sua composição mineralógica, fornecido por uma empresa localizada no município de Luziânia-GO, que possui registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e atende a legislação pertinente, ou seja, IN 5 e 6 de 2016 do MAPA. De acordo com o fabricante o material possui mais de 98% de sua composição passando por peneira de abertura 10, o que corresponde ao tamanho de 2 mm. Em relação à sua composição mineralógica tem-se cerca de 43% de SiO₂, 2.7 % de K₂O, 12.6% de CaO, 7.79% de MgO, 0.1% de P₂O₅, 0.12% de MnO e 47 ppm de Zn (REMAX, 2022).

O pó de rocha deverá ter percentuais mínimos da soma de bases (potássio, óxidos de cálcio e de magnésio), percentuais máximos de elementos potencialmente tóxicos como cloro, sódio, metais pesados e de sílica livre, além da indicação do pH de abrasão e da granulometria, que deve ter fração menor que 0,3 mm, o que torna o material mais reativo, com maior superfície de contato com o solo para uma maior disponibilização dos nutrientes para as plantas.

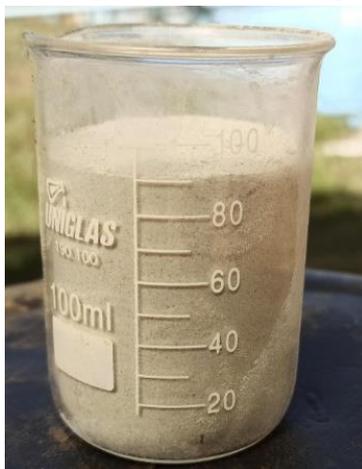


FIGURA 4.. Pó de rocha utilizado no experimento.

3.5 Semeadura

As sementes utilizadas foram doadas pela empresa Sakata. Foram semeadas em vaso, sendo 5 sementes por vaso. O desbaste ocorreu após 30 dias de germinação, deixando-se 3 mudas de girassol por vaso. Quando não ocorreu germinação igual ou superior a 3 plantas, foi realizado o transplante de plantas de tratamentos iguais, totalizando um stand inicial de 18 plantas por tratamento.

As parcelas foram formadas por um vaso de plástico, de 27 cm de diâmetro e 24,5 cm de altura, espaçamento de 0,6 m entre vasos e 0,6 m entre linhas. Em cada vaso, colocado sobre um tijolo de 8 furos para evitar contato direto com o solo e evitar a incidência de doenças, foram adicionados 10 litros de solo peneirado em peneira de 2,00 mm, incorporado com o biochar e pó de rocha nas proporções adequadas a cada tratamento.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (Figura 5), em esquema fatorial 5 x 5, com seis repetições, totalizando a área experimental de 150 parcelas, com disposição norte-sul. As doses de pó de rocha utilizadas foram de 0; 5,73;

17,18; 28,65 e 40,11 g por vaso, que equivalem respectivamente a 0; 1; 3; 5 e 7 t ha⁻¹. Para o biochar utilizou-se de 0; 2; 4; 6 e 8% base de volume (v/v), considerando altura de 0,20 m de solo no vaso, equivalentes a 0, 32,3 , 64,6 , 96,9 e 129,2 t ha⁻¹, respectivamente.

Tratamentos:

B0 = 0% de biochar 0,0 L (em 10 L de solo);

B2 = 2% de biochar 0,2 L (em 10 L de solo);

B4 = 4% de biochar 0,4 L (em 10 L de solo);

B6 = 6% de biochar 0,6 L (em 10 L de solo);

B8 = 8% de biochar 0,8 L (em 10 L de solo);

P0 = 0 t ha⁻¹ de pó de rocha; (0 g por vaso);

P1 = 1 t ha⁻¹ de pó de rocha (5,73 g por vaso);

P3 = 3 t ha⁻¹ de pó de rocha (17,18 g por vaso);

P5 = 5 t ha⁻¹ de pó de rocha (28,65g por vaso);

P7 = 7 t ha⁻¹ de pó de rocha (40,11 g por vaso);

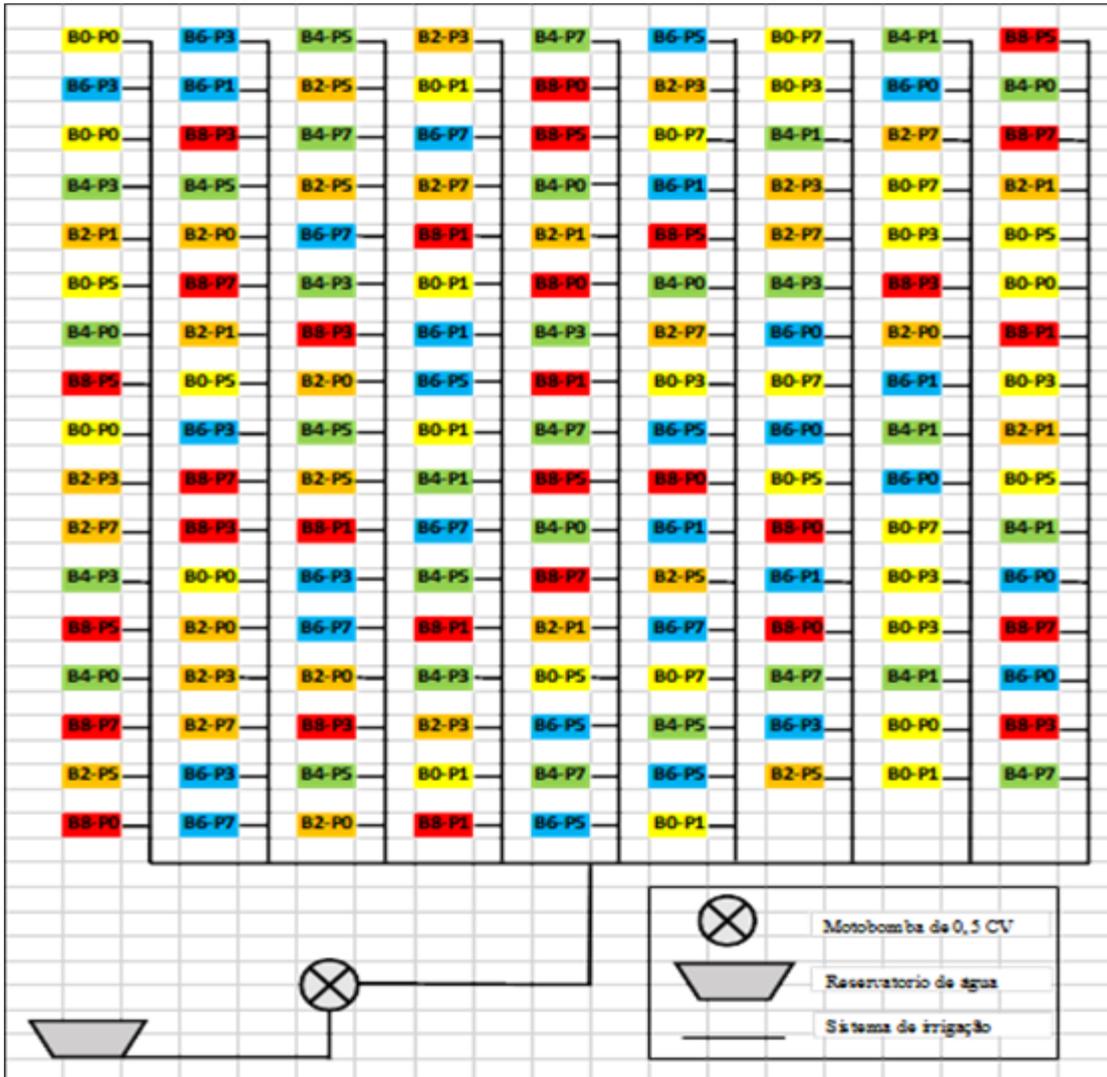


FIGURA 5. Croqui da área experimental contendo a distribuição dos tratamentos com as combinações de pó de rocha e biochar.

3.7 Sistema e manejo de irrigação

A irrigação foi realizada por gotejamento superficial com tubos de 12 mm de diâmetro externo, sendo instalado um emissor por vaso de cultivo de vazão nominal de $8,0 \text{ L h}^{-1}$ na pressão de $0,90 \text{ kPa}$, com o turno de rega de 2 dias. Até aos 7 dias após a semeadura a irrigação foi realizada duas vezes ao dia para melhor germinação das sementes.

O sistema de irrigação foi acionado a partir da programação do timer digital, sendo composto ainda de uma motobomba de $0,5 \text{ CV}$ que capta água de uma caixa de 2000 L , cabeçal de controle com um filtro de disco de 125 micras , tomada de pressão, registros de esfera.

O manejo da irrigação foi realizado por tensiometria após determinação da curva de retenção de água no solo e utilizando 3 tensiômetros por tratamento em função das diferentes

doses de biochar, ou seja, 3 tensiômetros em B0, B2, B4, B6 e B8, totalizando 15 tensiômetros no total, na profundidade de 0,10 m (Figura 5).

Para monitoramento da umidade do solo, com turno de rega de 2 dias, foi utilizando a Equação 1, proposta por Hasanvandi et al., (2014) para estimação do volume de água a ser aplicado em cada evento de irrigação, e a mesma lâmina em todos os tratamentos.

$$\text{Vol. água} = [(\theta_{CC} - \theta_{\text{atual}}) Z.A]/Ea \quad 1$$

Em que:

- Vol. água = volume de água (L);
 θ_{CC} = umidade volumétrica à CC ($\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$);
 θ_{atual} = umidade volumétrica atual ($\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$);
Z = profundidade das raízes das plantas no vaso (mm);
A = área superficial do vaso de cultivo (m^2) e
Ea = Eficiência e aplicação (decimal).

Foram utilizadas amostras indeformadas de solo, retiradas em 5 dos vasos sem presença de biochar e pó de rocha para a realização da curva de retenção de água no solo pelo método da câmara de pressão de Richards, nos potenciais matriciais de -300, -80, -50, -33, -10, -8, -6, -5 e -2 kPa e ajustando a curva de retenção de água no solo pelo modelo Van Genuchten et al. (1980), através da SWRC (Soil Water Retention Curve) (Figura 6).

Os potenciais matriciais foram medidos com tensiômetro digital de punção a cada dois dias, considerando como referência os tratamentos que não receberam pó de rocha e biochar para determinar a lâminas de irrigação, suficiente para elevar a umidade do solo a capacidade de campo (CC) de 10 kPa, considerada referência para solos do Cerrado, sendo aplicada a mesma lâmina em todos os tratamentos.



FIGURA 6. Tensiômetro instalado no tratamento B8P7, para acompanhamento do potencial matricial.

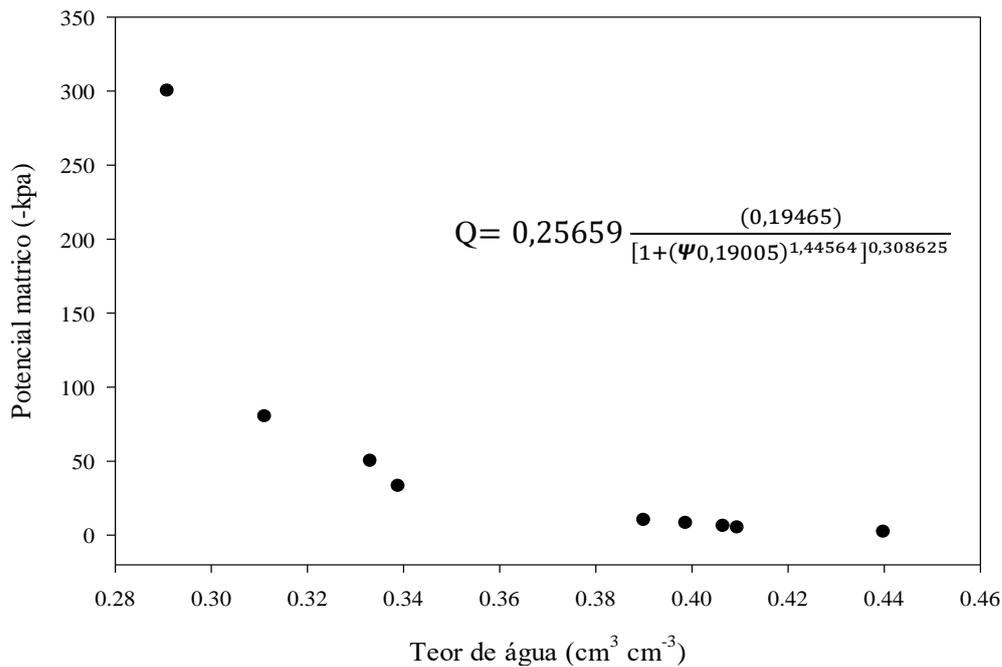


FIGURA 7. Curva de retenção de água com valores de unidade volumétrica em função do potencial matricial do Latossolo Vermelho Amarelo, segundo o modelo de van Genuchten.

Aos 45, 53, 54 e 55 DAS as tenções estiveram com potencial matricial abaixo de -10 kPa, como também aos 56 DAS dos tratamentos B0, B2, B4 e B8, que pode colocar em risco a produtividade da cultura (Figura 7)

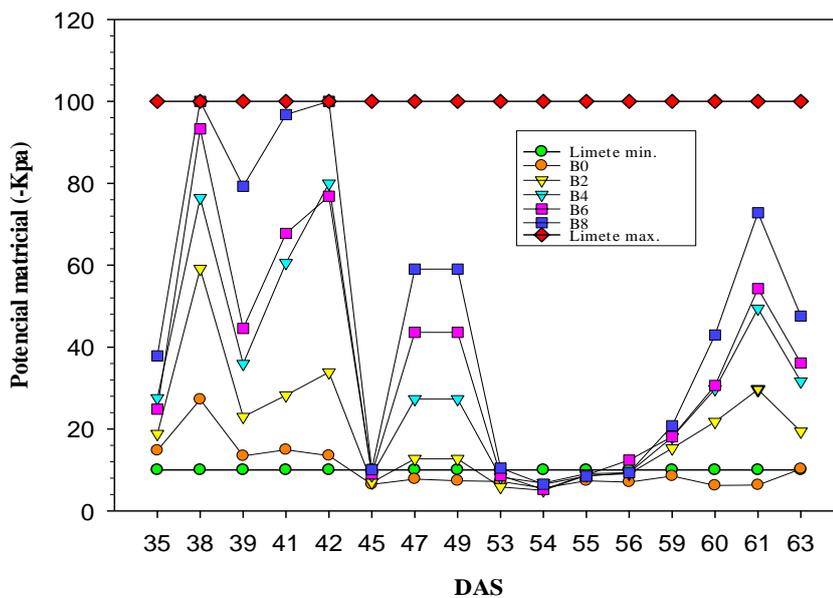


FIGURA 8. Potencial matricial para os tratamentos com diferentes doses de biochar, em v/v, durante o ciclo do girassol ornamental Sunflower Sunbright.

Outras considerações que podem interferir na saturação no solo são: maior microporosidade, a maior quantidade de argila, a distribuição do tamanho de poros por diâmetro e o teor de argila (Silva et al., 2022).

O potencial matricial de água diminui com o aumento das dosagens de biochar. Esse evento pode ser explicado pelos compostos orgânicos presentes no biochar serem capazes de aumentar a agregação e estabilidade dos agregados do solo, assim causando aumento na porosidade total, sendo capaz de reter mais umidade no solo, Sharma et al., (2017).

Mantendo-se mais estável no tratamento sem o uso do BLE e na maior parte do ciclo do girassol ficou superior a CC (10 kPa). Já com a presença de BLE foi inferior à CC na maior parte do ciclo com elevada amplitude entre os valores mínimos em 8% de BLE (-100 kPa aos 38 e 42 DAS) até 7 kPa aos 54 DAT, essa amplitude dentro do mesmo tratamento pode ter se dado: por conta da posição de cada vaso dentro viveiro, tendo em vista que os vasos foram dispostos aleatoriamente; pelo desenvolvimento das plantas, que podem ter tido desenvolvimento mais acelerado que outras, por causa de uma série de possibilidades, como a germinação, considerando que o plantio foi realizado de maneira manual, o que pode levar a um início de desenvolvimento pouco uniforme dentro do mesmo tratamento, levando-o a amplitude de potencial matricial dentro da mesma dosagem de BLE. Outro fator que pode explicar essa diferença de potencial matricial são estresses bióticos que uma planta do tratamento foi mais acometida que outra.

3.8 Avaliação de aspectos morfológicos

Altura da Planta (AL)

A medida foi realizada com auxílio de trena milimétrica com precisão de 0,1 cm, medindo-se 6 plantas por tratamento, desde a superfície do solo até o ápice da planta ereta. Ocorreu-se as medições aos 10, 20, 40 e 60 Dias Após a Semeadura (DAS) (Figura 9) .

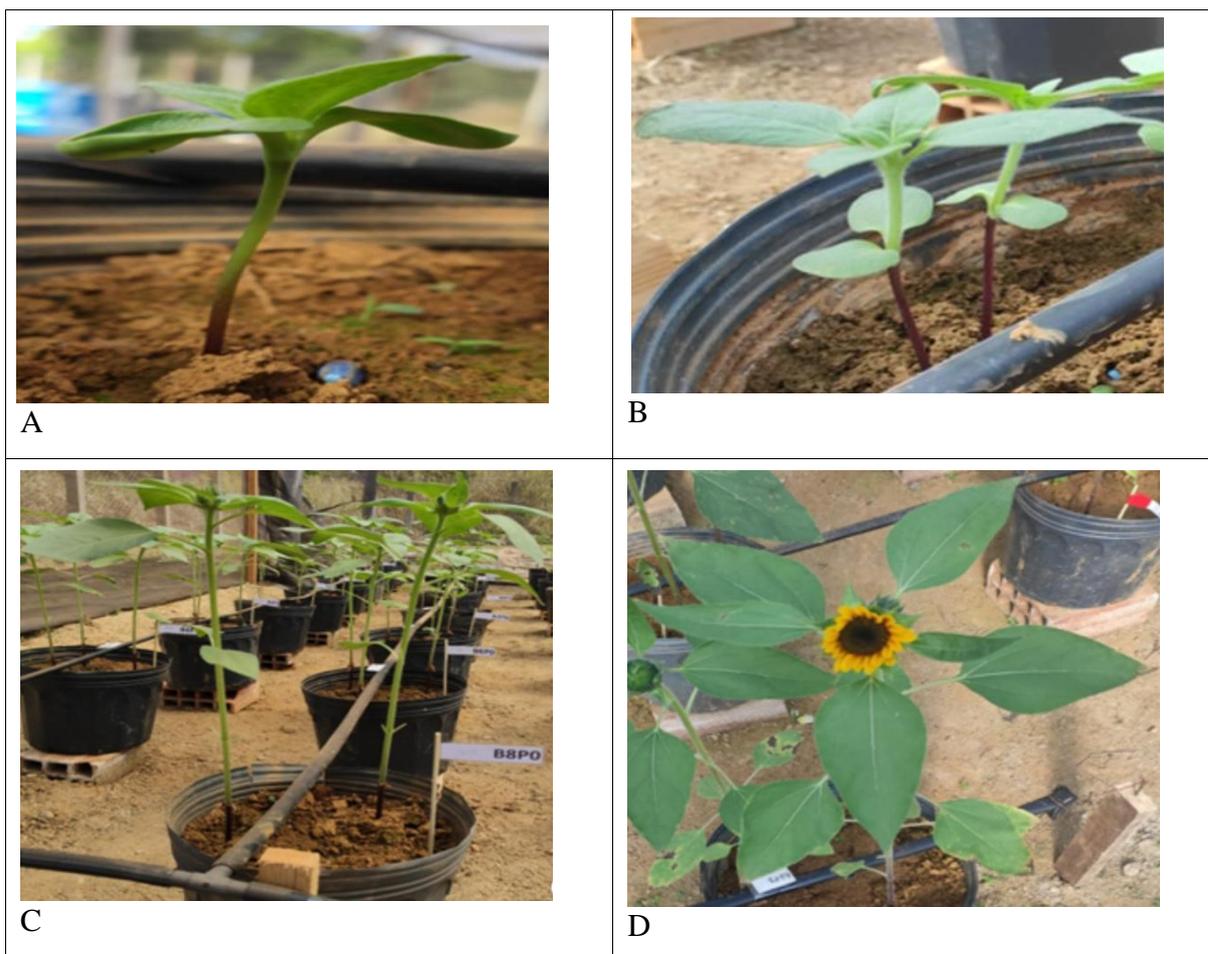


FIGURA 9. Altura da planta aos 10 DAS (A), 20 DAS (B), 40 DAS (C) e 60 DAS (D).

Número de Folhas (NF)

A contagem das folhas foi feita levando em consideração todas as folhas desenvolvidas com comprimento da nervura central com ao menos 4 cm e área fotossinteticamente ativa maior que 50%, no momento da avaliação. Realizada aos 10, 20, 40 e 60 DAS, em 6 plantas por tratamento.

Diâmetro do Coleto (DC)

Realizada com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, sendo os valores medidos a 1 cm da superfície do solo. Sendo 6 plantas por tratamento aos 10, 20, 40 e 60 DAS.

Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC)

Realiza-se o corte do capítulo na inserção do pedúnculo da flor em estágio R6 (floração final) e posterior pesagem imediata em balança eletrônica com precisão de 0,01 gramas. Sendo 6 plantas por tratamento ao final do ciclo.

Fitomassa Seca do Capítulo (FSC)

Após a obtenção da FFC, leva-se a amostra para a estufa de circulação forçada a 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) por 48 h ou até peso constante. Subsequentemente pesa-se em balança eletrônica com precisão de 0,0001 gramas.

Área Foliar

Foi estimado pela equação $AF = 0,1328 * C^{2,5569}$. onde C = comprimento da nervura central da folha e a soma final da área por folha dá o valor total da área foliar (cm²) da planta (Maldaner et al., 2009). Sendo medidas 4 plantas úteis por tratamento.

3.9 Análise estatística

Foi aplicada a análise de variância pelo teste F, seguido de análise de comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade usando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, máxima, mínima e média se elevaram ao longo do ciclo do girassol, atingindo máxima de 35,4 °C aos 74 Dias Após a Semeadura (DAS) de 4,5 °C no 1º DAS, com radiação solar global máxima 21 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 73 DAS e nos 5º e 26º DAS de 19 MJ m⁻² dia⁻¹. Nos 45, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59 DAS a umidade relativa aumentou devido a ocorrência de precipitações pluviométricas, atingindo 85,6, 91,1 e 81,9% aos 55, 56 e 57 DAS (Figura 10), respectivamente., fatores podem interferir no desempenho das plantas, segundo Cechin et al. (2018), onde observou que as plantas de girassol (*Helianthus annuus L. variedade IAC-Iarama*) cultivada em casa de vegetação sob condições fotoperiódicas naturais, a radiação fotossintética ativa de 2.100 µmol m⁻² s⁻¹ reduziu a produtividade fotossintética. Silva et al. (2022) relata que em 21 MJ m⁻² dia⁻¹, 53% de umidade relativa e temperatura de 27 °C, observou aumento em taxa de crescimento e de produtividade na atividade estomática, no experimento da planta de girassol ornamental (GS2).

Para Rodrigues et al. (2012), as variedades de girassol ornamental se adaptam às mudanças nas condições de temperatura, entretanto Castro e Farias (2005) consideram a faixa de temperatura ótima para crescimento e desenvolvimento de 20 a 25 °C. Durante o experimento por vezes a temperatura média ficou pouco abaixo desse referencia (Figura 10), o que pode ter levado a um desenvolvimento.

Em relação a umidade relativa do ar não há referenciais teóricos bem definidos, variando muito de cultivar para cultivar e de região para região. Segundo Leite (1997) a alta umidade relativa do ar pode ser um fator chave para proliferação de doenças fúngicas e bacterianas como: *Alternaria spp.* (Mancha da Alternaria), *Sclerotinia sclerotiorum* (Podridão Branca), *Plasmopara balstedii* (Míldio), *Puccinia helianthi* (Ferrugem), *Erysiphe cichoracearum* (Oídio), *Phoma oleracea* (Mancha Preta da Haste). A umidade relativa do ar média ficou abaixo dos 75% durante quase todo o período da experimentação, salvo exceção a última semana onde chegou aos 90% (Figura 10), o que provavelmente foi fator fundamental para o princípio de infestação por *alternaria spp.* e *Plasmopara balstedii* ao final do ciclo.

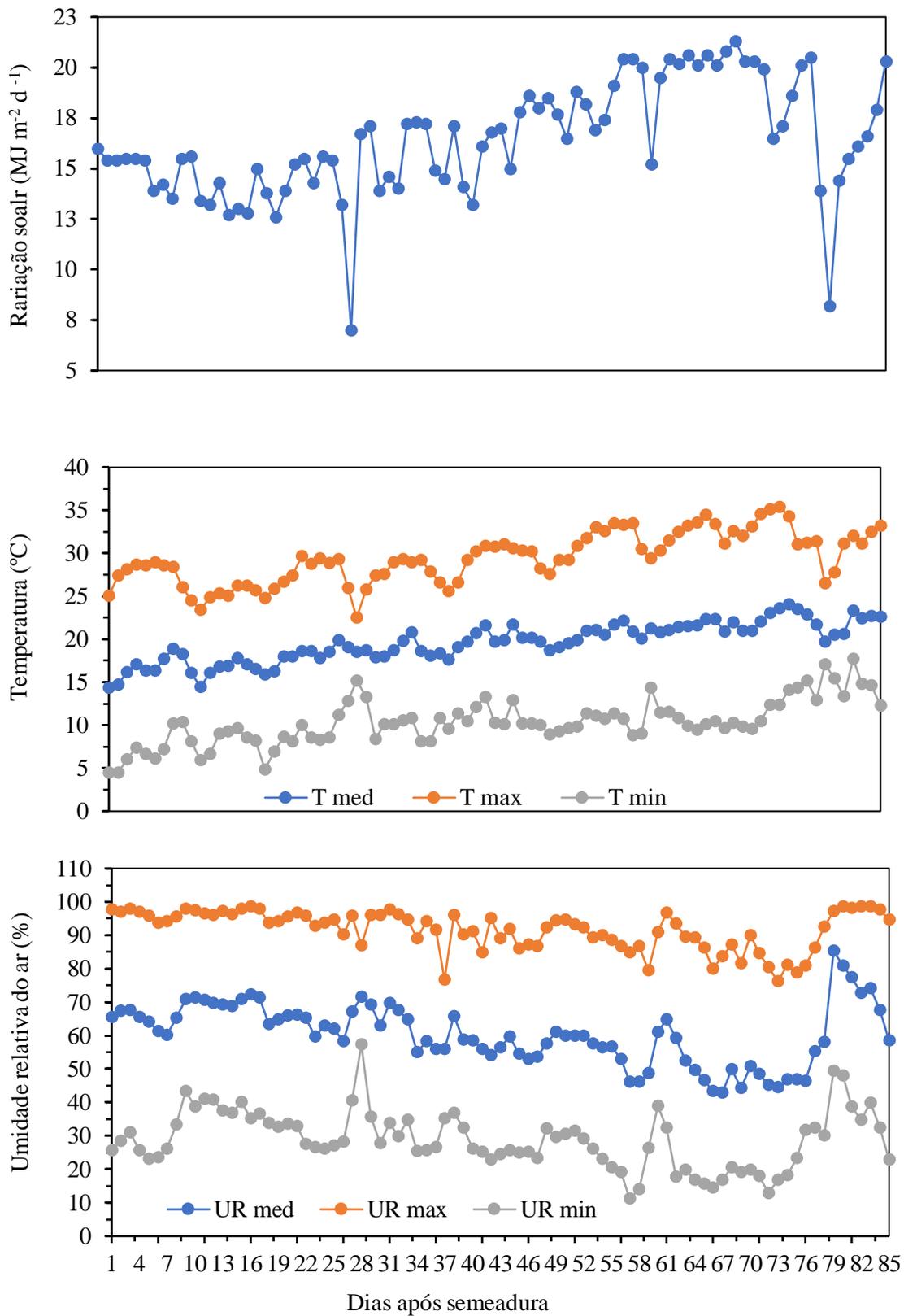


FIGURA 10. Radiação solar global, temperatura do ar máximas, mínimas e médias do ar e umidade relativa do ar máximas, mínimas e médias durante o ciclo do girassol.

Para todos os parâmetros avaliados (altura da planta (AP), número de folhas (NF),

diâmetro de coleto (DC), fitomassa fresca (FFC) e seca do capítulo (FSC), área foliar (AF)) houve efeito da aplicação do biochar de lodo de esgoto ($p < 0.05$) (Tabela 8).

Para comercialização, todos os tratamentos apresentaram a mesma classificação em função da altura e espessura de haste (Tabela 2), e tendo em vista a baixa ocorrência de danos por doenças e pragas, e ausência de fitotoxidez e rachadura da haste, receberam classificação A1 (Tabela 4).

Os efeitos do pó de rocha (PR) foram significativos apenas para a AP, explicado pela dissolução do pó de rocha ser um processo lento e complexo, altamente dependente da composição química e mineralógica da rocha, distribuição granulométrica do material, tempo de reação, pH e presença de microrganismos (Osterroht et al., 2003), reiterado por Alovisei et al. (2020), que constatou, utilizando pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja, que devido à sua baixa solubilidade, indica que tal material não pode ser utilizado como fonte principal de nutrientes às plantas. Esse fato também foi observado por Resende et al. (2013) utilizando pó de rocha basáltica na cultura do alface. A interação entre BLE e PR foi significativa apenas para os parâmetros DC e FFC (Tabela 8).

TABELA 8. Resumo das análises de variância a 5% de significância e o Coeficiente de Variação (CV) do Biochar de Lodo de Esgoto (BLE), Pó de Rocha (PR) e a interação entre BLE X PR para Altura da planta (AP), NF (Número de Folhas), Diâmetro de Coleto (DC), Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC), Fitomassa Seca do Capítulo (FSC) e Área Foliar (AF).

Fator de variação	Quadrados médios						
	GL	AP	NF	DC	FFC	FSC	AF
BLE	4	290,70*	38,13*	45,22*	2028,97*	28,63*	13772,68*
PR	4	55,26*	1,33 ^{ns}	0,07 ^{ns}	8,10 ^{ns}	0,28 ^{ns}	107,51 ^{ns}
BLE X PR	16	24,66 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,69*	9,09*	0,15 ^{ns}	80,42 ^{ns}
CV (%)	-	7,44	12,86	10,55	13,71	18,74	20,74

A AP apresentou diferença significativa de B0 e B2 em relação a B6 e B8 com incremento de 7,83 e 12,98%, respectivamente, quando comparado ao controle (B0), assim também observou Gonzaga et al. (2018), ao utilizar BLE em mudas de eucalipto.

O DC aumentou 46,85, 72,28, 79,14 e 86,57% em relação a B0, respectivamente, sendo que B0, B2 e B4 diferiram entre si e em relação às demais doses, enquanto que B4 foi igual a B6 e B8, mas em valor absoluto houve aumento do DC, passando de 3,50 mm (B0) para 6,53 mm (B8) na fase R6 do girassol Sunflower Sunbraigith, isso pode ser explicado, segundo Farias

(2018) pelas elevação da fertilidade do solo promovidas pelo BLE que resultam em maior disponibilização e absorção de nutrientes pelas plantas (Figura 11).

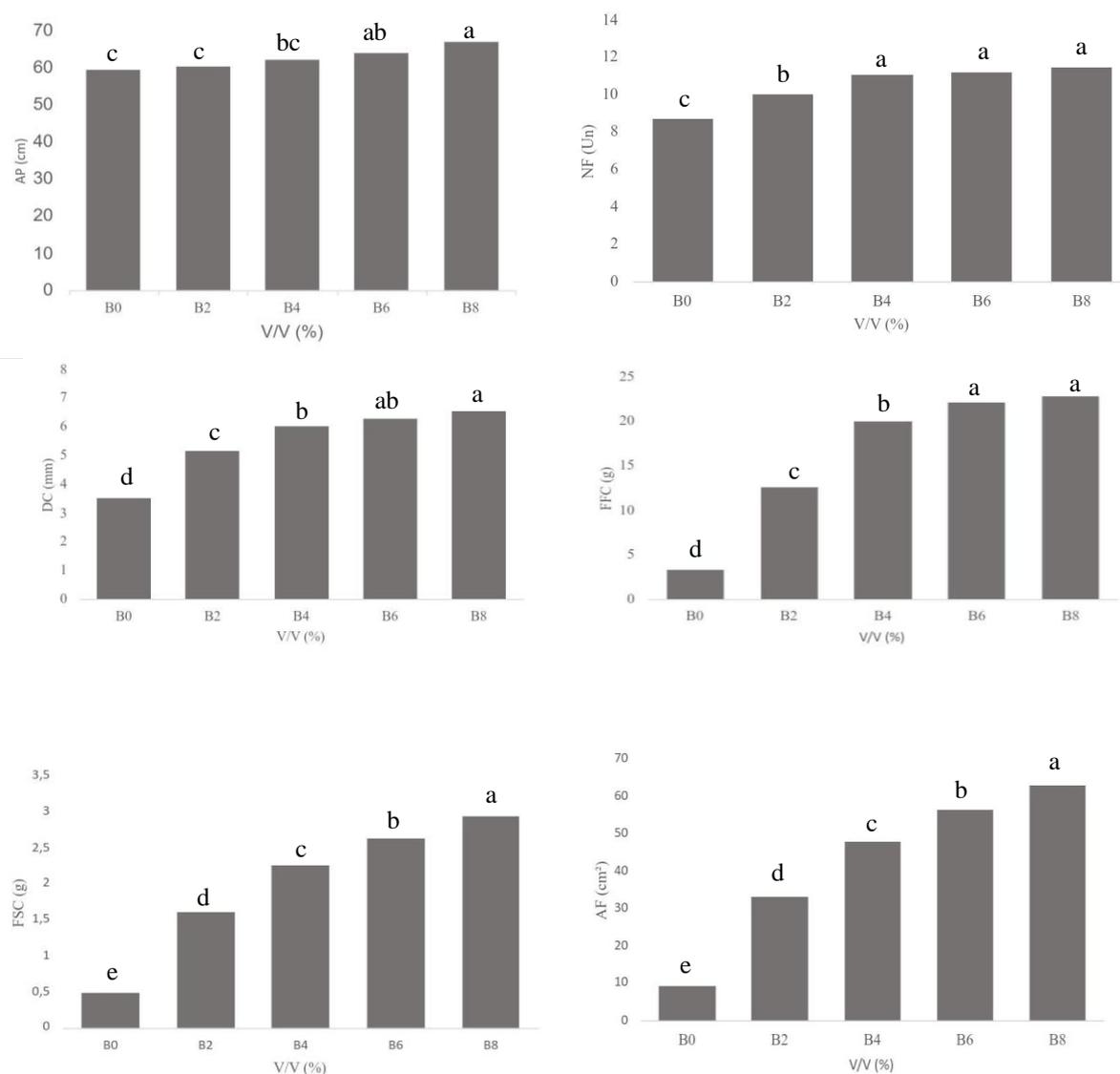


FIGURA 11. Valores médios da Altura da planta (AP); Número de Folhas (NF); Diâmetro de Coleto (DC); Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC); Fitomassa Seca do Capítulo (FSC); e Área Foliar (AF) entre as dosagens de biochar de lodo de esgoto (BLE) ao fim do ciclo. Médias com as mesmas letras minúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

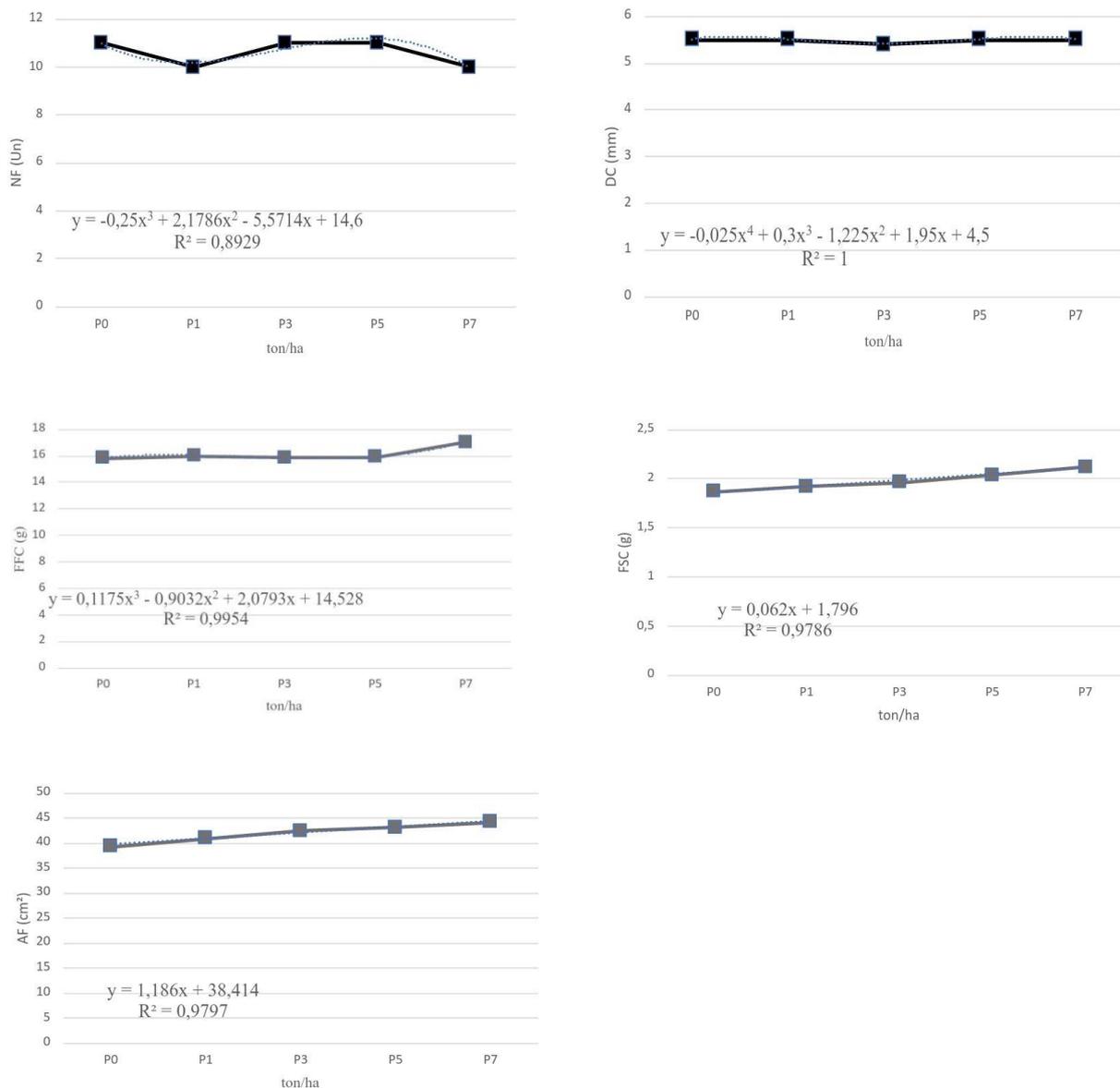


FIGURA 12. Valores médios do Número de Folhas (NF), Diâmetro de Coleto (DC), Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC, Fitomassa Seca do Capítulo (FSC) e Área Foliar (IAF) entre as dosagens de pó de rocha (PR).

O valor de R^2 variou entre 0,965 a 1,0 em regressão quadrática, em função das doses de BLE para as variáveis AP e DC (Figura 10). A AP e DC foram maiores nas doses de BLE de 4, 6 e 8% em v/v, concordando com Tito et al. (2020) que ao avaliarem pimenta de bico, observaram que o aumento das doses de BLE resultou em elevação da biomassa fresca dos frutos, especialmente em função da presença de K e P.

Para a variável NF as doses respectivas a 3 e 5 t ha⁻¹, não diferiram da testemunha em

valores absolutos, mantendo média de 11 folhas por planta. Enquanto que as doses correspondentes a 1 e 7 t ha⁻¹ tiveram um decréscimo de 9,1% em relação a testemunha, com média de 10 folhas por planta, ao contrário dos resultados alcançados por Augusto et al. (2022) com alface americana, no qual houve uma diferença significativa para ambas as dosagens (34,66 e 69,32 t ha⁻¹) de pó de rocha basáltica no número total de folhas em relação ao grupo controle, os resultados obtidos mostraram um desempenho estatisticamente iguais entre as dosagens.

Para a AF a dosagem que apresentou os melhores resultados foi a de 7 t ha⁻¹ com média de 44,15 cm² com um acréscimo de 12,28% em relação a testemunha que alcançou média de 39,32 cm², diferente do observado por Souza (2022) na cultura do milho, no qual o índice de área foliar, maiores dosagens de pó de rocha basáltico utilizadas (30 e 60 t ha⁻¹) proporcionaram valores médios estatisticamente diferentes da testemunha.

Aos 73 DAS a dosagem de BLE de 2% apresentou a menor dispersão dos valores da AP com média de 60,40 cm, e menor em relação 4, 6 e 8% de BLE, sendo de 62,30, 64,32 e 67,30 cm, respectivamente (Figura 13), semelhantes aos obtidos Magaña et al. (2022) aos 70 DAS com 64,65 cm ao utilizar água residuária doméstica tratada na cultivar Sunflower Sunbright e por Guimarães et al. (2021), com 60,57 cm, com uso de água salina em girassol ornamental variedade Sol Noturno.

O DC aos 33 DAS foi maior no tratamento B8, comparando com B6 e B4, e no tratamento B4 foi inferior. O tratamento B8 teve maior DC, atingindo 6,52 mm, contra 3,50 mm em B0. Aos 33 DAS, o B6 apresentou médias do DC semelhantes ao B8 e próximos de B4 e B6, com 3,98 mm, B8 com 4,12 mm e B4 com 3,55 mm (Figura 13).

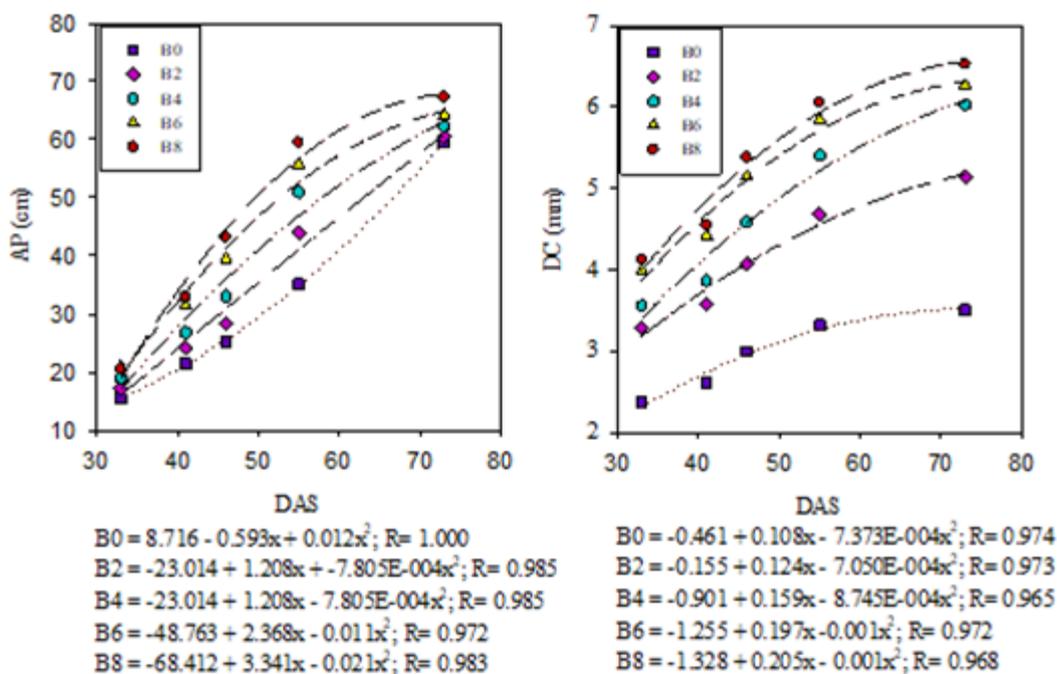


FIGURA 13. Altura da planta (AP) e diâmetro de coleto (DC) em função de doses de biochar em v/v: testemunha (B0), 2% de BLE (B2), 4% de BLE (B4), 6% de BLE (B6) e 8% de BLE (B8) e modelo de ajuste em função dos DAS primeiro ciclo do girassol ornamental Sunflower Sunbrigh.

As variações do DC nas doses B4 e B6 em relação a B8, e AP nas doses B2, B4 e B6 foram similares em valor absoluto, que se deve ao aporte dos nutrientes do BLE. Nesse sentido, Rezende et al., (2016), ao usarem biochar nas doses de 25, 50, 75 e 100% no desenvolvimento e qualidade de mudas de teca (*Tectona grandis*) aumentaram significativamente o diâmetro do caule, altura das plântulas, biomassa fresca aérea, peso seco da raiz e aérea.

Para a FFC e FSC a dosagem que apresentou melhores resultados foi a de 7 t ha⁻¹ com média de 17,04 g e 2,12 g (Figura 12) ou com um acréscimo de 7,64% e 13,34%, respectivamente, comparado com a testemunha, que alcançou média de 15,83 g e 1,87 g.

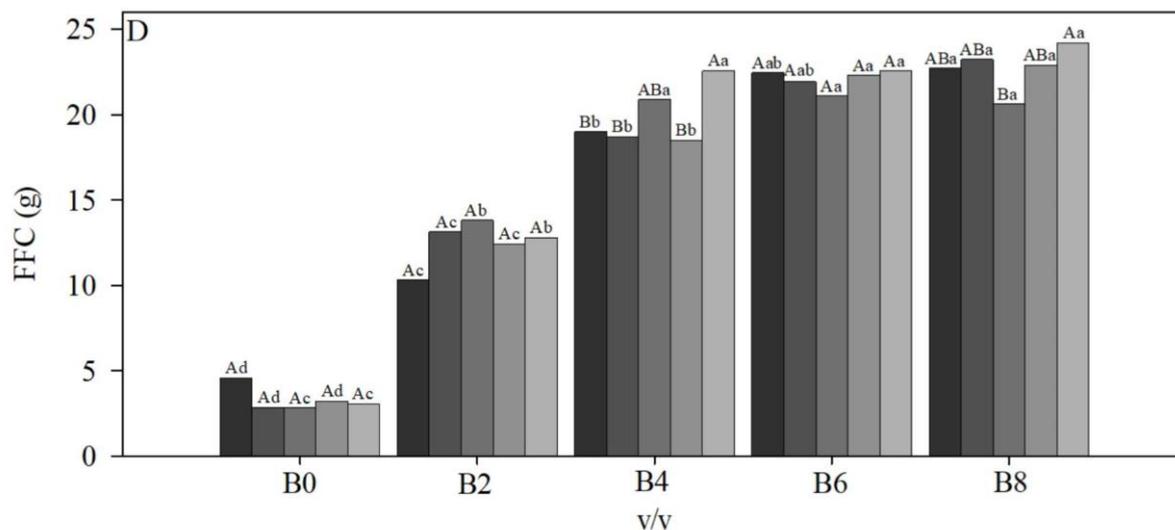


FIGURA 14. Fitomassa Fresca do Capítulo (FFC) em que letras minúsculas compara as diferentes dosagens de BLE dentro de cada dosagem de PR e maiúscula compara as diferentes dosagens de PR dentro de cada dosagens de BLE.

As doses de biochar de 96,9 t ha⁻¹ (6% v/v) e 129,2 t ha⁻¹ (8%) foram as que responderam melhor, com média superior a 20 g da FFC (Figura 14). Já para o pó de rocha observa-se baixa capacidade de influência sobre os resultados, com diferença estatisticamente significativa apenas para os tratamentos com 0, 1 e 5 t ha⁻¹ de pó de rocha combinado com 64,6 t ha⁻¹ de biochar e 3 t ha⁻¹ de pó de rocha, todos os demais tratamentos foram melhores, até mesmo o testemunha, o que corrobora para a tese de que mesmo no caso de interação entre o biochar e pó de rocha de micaxisto, o biochar é que prevalece, muito provavelmente devido à sua maior facilidade em ser degradado comparado com pó de rocha.

5. CONCLUSÕES

As dosagens de biochar de lodo de esgoto de 6 e 8% base de volume promoveram maiores valores da altura da planta, número de folhas, diâmetro de coleto, fitomassa fresca do capítulo, fitomassa seca do capítulo e área foliar.

Com exceção na altura da planta, o pó de rocha não interferiu nos atributos morfológicos do girassol ornamental sunflower sunbright.

Portanto, o BLE é uma alternativa para substituir fertilizantes convencionais na produção de girassol ornamental. E devem ser realizados estudos com mais ciclos do girassol com pó de rocha para determinar a sua viabilidade de utilização na cultura.

6. REFERÊNCIAS

- ACHETE, A. A.; FALCÃO, N.; ARCHANJO, B. A nanociência desvendando os segredos do biocarvão das terras pretas de Índio da Amazônia. **Revista Analytica**. 2013. n. 36, p. 12-13.
- AGRAFIOTI, E.; BOURAS, G.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS, E. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. 2013. 101: 72-78.
- AGROLINK, Floricultura brasileira conquista cada vez mais consumidores. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/floricultura-brasileira-conquista-cada-vez-mais-consumidores_432661.html>. Acesso em: 13 de junho 2023.
- ALMEIDA, JANE BRUNA DE et al. Mitigação da toxidez por alumínio e cádmio por biochar e seu potencial tóxico para o sorgo. **Semina Ciências Agrárias**. 2020. v. 41, n. 1, p. 95-108.
- ALOVISI, AMT, TAQUES, MM, ALOVISI, AA, TOKURA, LK, SILVA, JAM DA, & CASSOL, CJ. Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. 2020. n. 9, p. 918. 918.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 2014. v.22, n. 6, p.711-728.
- Associação Nacional para Difusão de Adubos. **ANDA**. 2023. Disponível em: <http://anda.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso: 15 de março 2023.
- AUGUSTO, J.; DE SENA, J. O. A.; HATA, F. T.; DA CUNHA, F. A. D.; CAMPOS, T. A. Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes. **Agrarian**. 2022. [S. l.], v. 15, n. 55, p. e15153.
- BRITO, R. S. et al. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of basic education, technical and technological**. 2019. Universidade Federal do Acre, v. 6, n. 1.
- CARVALHO, A. M. X. Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo. **SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÕES NO CAMPO**. 2013. p. 117.
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.: CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 2005. Londrina: CNPSO, p. 163 – 218.

- CECHIN, I.; GONZALEZ, G. C.; CORNIANI, N.; FUMIS, T. F. The sensitivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants to UV-B radiation is altered by nitrogen status. **Ciência Rural**. 2018. Santa Maria, v.48, n.2, p.1-6.
- COOPERATIVA, VEILING HOLAMRA. Productos - critérios de classificação de produtos. 2013. Disponível em <<http://www.veiling.com.br/produtos/>> Acesso: 30 de junho 2018.
- CORREIA, RAÍSSA TAVARES. Rochagem: a aplicação de pó de rocha como alternativa sustentável aos fertilizantes agrícolas no Brasil: uma revisão. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino.
- CURTI, G. L. et al. Girassol ornamental: caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**. 2012. v. 35, n. 1, p. 240-250.
- EDWARD, W. O. O. Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado. 45 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), **UnB**. 2016.
- FARIAS, WALDA MONTEIRO. Biochar de lodo de esgoto como condicionador do solo: efeitos nas propriedades agronômicas, fertilidade do solo e qualidade da matéria orgânica. 2018.
- FELTRIN SEMENTES. Disponível em: <<https://www.sementesfeltrin.com.br/produtos/girassol-sunbright/370>>. Acesso em: 14 de junho 2023.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. Agrotec**. 2014. v.38, n. 2, p.1
- FIGUEIREDO, C. C.; LOPES, H.; COSER, T.; VALE, A.; BUSATO, J.; AGUIAR, N.; NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. D. F.; CARVALHO, M. T. D. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use-a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2015. Viçosa, v. 39, n. 2, p. 321-344.
- GAMA, M. A. P. et al. Especialização em Rochagem e Remineralização dos Solos. **Apostila de Fertilidade do Solo. Módulo III**. 2020. p. 14.
- GAZZOLA, A., FERREIRA JÚNIOR, C. T. G., CUNHA, D. A., BORTOLINI, E., PAIAO, G. D., PRIMIANO, I. V., ... & OLIVEIRA, M. S. A cultura do girassol. **Piracicaba-SP**. 2012.
- GONZAGA, MIS, MACKOWIAK, C., ALMEIDA, AQ DE, & CARVALHO JÚNIOR. Biocarvão de lodo de esgoto e seu efeito no crescimento e nas características morfológicas de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden). **Ciência Florestal**. 2018. 28 (2), 687-695.

- GUIMARÃES, RAFAELA, F. B.; JÚNIOR, S. O. M.; LIMA DE, R. F.; SOUZA DE, A. R.; ANDRADE DE, J. R.; NASCIMENTO DO, R. Growth and physiology of ornamental sunflower under salinity in function of paclobutrazol application methods. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. 2021. v.25, n.12, p.853-861.
- HASANVANDI, M. S.; AYNEHBAND, A.; RAFIEE, M.; MOJAD-AM, M.; RASEKH, A. Effects of supplemental irrigation and super absorbent polymer on yield and seed quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry-farming conditions. **Bull Env Pharmacol Life Sci**. 2014. v.3, n.12, p.174-185.
- HOSSAIN, M. K.; STREZOV, V.; CHAN, K. Y.; ZIOLKOWSKI, A.; NELSON, P. F. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. **Journal of Environmental Management**. 2011. 92:233-228.
- JUNQUEIRA, ANTONIO HÉLIO; DA SILVA PEETZ, MÁRCIA. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância sócio-econômica recente. **Ornamental Horticulture**. 2008. v. 14, n. 1.
- JUNQUEIRA, ANTONIO HÉLIO. O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais em 2023. **SuperVarejo**. 2023. Disponível em: <
https://www.supervarejo.com.br/old_artigo/o-mercado-brasileiro-de-flores-e-plantas-ornamentais-em-2023/>. Acesso em: 27 de abril 2023.
- LAURENTINO, L. G. S.; CHAVES, L. H. G.; CALVACANTE, A. R.; GUIMARÃES, J. P.; SOUZA DE, F. G.; LIMA DE, B. W.; FERNANDES, J. F.; DANTAS, E. R. B.; SILVA DA, A. A. R.; GUERRA, H. O. C. Growth of papaya seedlings on substrate consisting of poultry litter biochar. **Semina: Ciênc. Agrár**. Londrina. 2021. v.42, n.6, p.3721-3740.
- LEHMANN, J. & STEPHEN, J. Biochar for environmental management: science and technology. **Earthscan**. 2009. 1:1-12.
- LEITE, R. M. V. B. C. Doenças do girassol. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1997. 68p.
- LI, HONGBO et al. Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. **Chemosphere**. 2017. v. 178, p. 466-478.
- LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L.; CHAGAS, M. C. M.; BRISTOT, G.; DANTAS, J. A.; LIMA, J. M. P. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**. 2011. Documentos 40. EMPARN. 40 p. Natal – RN.
- MAGAÑA, J. C. C.; SANDRI, D.; CAJAMARCA, S. M. N.; MENDEZ, D. F. S.; CLARA, J. M. P. Nutrient balance in a constructed wetland system using treated domestic wastewater on ornamental sunflower crops. **AJCS**. 2022. v.16, n.04, p.479-487.

- MALDANER, IC, HELDWEIN, AB, LOOSE, LH, LUCAS, DDP, GUSE, FI E BORTOLUZZI, MP. Modelos de florescência não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**. 2009. 39 (5), p.1356–1361.
- MAPA. **Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Decreto no 4.954, de 14/01/2004. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>.
- MARCELINO, I. P., LOSS, A., & ANDRADE, M. A. N. Aspectos gerais do uso do biochar para sustentabilidade com ênfase aos atributos edáficos: a revisão. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. 2020. n.9, p. 301–319.
- MASEK, O.; BROWNSORT, P.; CROSS, A.; SOHI, S. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. **Fuel**. 2013. 103:151-155.
- MENDES, PRISCILLA. Mapa regulamenta produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura. **Gov.br**, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-regulamenta-producao-registro-e-comercio-do-po-de-rocha-na-agricultura> >. Acesso em: 13 de junho 2023.
- NANTHI BOLAN, SON A. HOANG, JINGZI BEIYUAN, SOURADEEP GUPTA, DEYI HOU, AJAY KARAKOTI, STEPHEN JOSEPH, SUNGYUP JUNG, KI-HYUN KIM, MB KIRKHAM, HARN WEI KUA, MANISH KUMAR, EILHANN E. KWON, YONG SIK OK, VISHMA PERERA, JÖRG RINKLEBE, SABRY M. SHAHEEN, BINOY SARKAR, AJIT K. SARMAH, BHUPINDER PAL SINGH, GURWINDER SINGH, DANIEL CW TSANG, KUMAR VIKRANT, METHTHIKA VITHANAGE, AJAYAN VINU, HAILONG WANG, HASINTHA WIJESEKARA, YUBO YAN, SHERIF A. YOUNIS & LUKAS VAN ZWIETEN. Aplicações multifuncionais de biochar além do armazenamento de carbono. **International Materials Reviews**. 2022. 67:2, 150-200.
- NOVOTNY, E. H., MAIA, C. M. B. DE F., CARVALHO, M. T. DE M., & MADARI, B. E.. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use - a critical review. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**. 2015. 39(2), 321–344.
- OSTERROHT, M. V. Rochagem para quê. **Agroecologia Hoje**. 2003. v. 20, n. 4, p. 12-15.
- PENIDO, EVANISE SILVA et al. Combining biochar and sewage sludge for immobilization of heavy metals in mining soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 2019. v. 172, p. 326-333.
- PETTER, FABIANO A.; MADARI, BEATA E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2012. v. 16, n. 7, p. 761-768.
- QIAN, LINBO; CHEN, BAOLIANG; HU, DINGFEI. Effective alleviation of aluminum

- phytotoxicity by manure-derived biochar. **Environmental science & technology**. 2013. v. 47, n. 6, p. 2737-2745.
- RESENDE, T. P.; PELÁ, A.; PELÁ, G. M. Uso de pó de basalto como alternativa na adubação da cultura da alface. **Revista Processos Químicos**. 2013. p. 67-72.
- Resolução CONAMA 498 de 2020. Disponível em: <
http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797
>. Acesso em: 01 de julho 2023.
- REZENDE, FABIANA ABREU et al. Biochar na composição de substratos para a produção de mudas de teca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2016. v. 51, n. 9, pág. 1449-1456.
- RODRIGUES, E. J. R. et al. Girassol. In: PAIVA, P. D. O; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de flores de corte**. 2012. Lavras: UFLA, p. 403-446.
- SAKATA. Disponível em: < <https://www.sakata.com.br/flores/corte/sunflower/sunbright>>. Acesso em: 14 de junho 2023.
- SANTOS, H. D., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. D., OLIVEIRA, V. D., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ... & OLIVEIRA, J. D. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. **Embrapa**. 2018.
- SELMECZI-KOVACS, A. Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa. **Acta Ethnographica Academiae Hungaricae**. 1975. v.24, n. 1-2, p.47-88.
- SHARMA, B.; SARKAR, A.; SINGH, P.; SINGH, R.P. Agricultural utization of biosolids: A review on potential effects on soil and plant grown. **Waste Management**. 2017. Oxford, v. 64, p. 117-132.
- DA SILVA, FERNANDO ANTÔNIO MACENA et al. Clima do bioma Cerrado. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. ALBUQUERQUE, ACS. 2008. p. 93-148.
- SILVA, S. D. P.; SOUZA, G. P.; CHAVES, A. R. M.; SILVA, M. A.; DE SOUSA, R. R.; BECHMANN-CAVALCANTE, M. Z. Morphophysiological aspects of ornamental sunflowers cultivated in different growing seasons under semi-arid conditions. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. 2022. v.26, n.4, p.299-305.
- SOUZA, A. T. C. DE. BIOCHAR DE LODO DE ESGOTO: EFEITOS NO SOLO E NA PLANTANO CULTIVO DE RABANETE. **Dissertação de Mestrado em Agronomia, UnB**. 2015. p 16 – 17.
- SOUZA, GABRIEL VINICIUS LIMA de Avaliação da eficiência agronômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos. **(Unesp)**, 2022.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de

métodos de análise de solo. **Embrapa Solos**. 2017. p. 574.

TITO, A. G.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, E. R. B.; LAURENTINO, L. G. S.; SOUZA DE, F. G.; GUERRA, H. O. C. Biochar on Soil Chemical Properties and Beak Pepper (*Capsicum chinense*) Production. **Agricultural Sciences**. 2020. v.11, 1133-1142.

VAN GENUCHTEN, M. Th. Uma equação de forma fechada para prever a condutividade hidráulica de solos não saturados. **Soil Science Society of America Journal**. 1980. V. 44, n. 5, pág. 892-898

VELGHE, I.; CARLEER, R.; YPERMAN, J.; SCHREURS, S. & D'HAEN, J. Characterisation of adsorbents prepared by pyrolysis of sludge and sludge/disposal filter cake mix. **Water Research**. 2012. v.46, n.8, p.2783-2794.

YUAN, H.; LU, T.; ZHAO, D.; HUANG, H.; NORIYUKI, K.; CHEN, Y. Influence of temperature on product distribution and biochar properties by municipal sludge pyrolysis. **Journal Material Cycles Waste Management**. 2013. 15:375-361.